DISPENSA N°. **11**

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 11

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Con lo studio della Dispensa precedente avete fatto un bel passo avanti soprattutto nella Radiotecnica. Nel primo Capitolo abbiamo illustrato la dipendenza della corrente anodica I_a di un tubo elettronico dalla polarizzazione di griglia V_g. Questa dipendenza viene rappresentata mediante un diagramma denominato « *caratteristica* » della valvola, e più precisamente caratteristica I_a - V_g. Ogni caratteristica vale solo per una determinata tensione anodica V_a. Per considerare anche l'effetto di quest'ultima sulla corrente anodica, parecchie di queste caratteristiche vengono riunite a formare una cosiddetta « *famiglia di curve* ».

L'esame di queste caratteristiche ci ha portato a definire, in un Capitolo successivo, le grandezze fondamentali: *infraeffetto* (rispettivamente, *fattore d'amplificazione*), *pendenza* e *resistenza interna*. L'infraeffetto D è una misura dell'influenza esercitata dalla tensione di placca, attraverso la griglia, sul flusso di elettroni. Si fa infatti il confronto della variazione della tensione anodica con la variazione della tensione di griglia, che abbia il medesimo effetto sulla corrente anodica; quindi $D = \frac{\Delta V_g}{\Delta V_a}$. Il *reciproco dell'infraeffetto* si chiama « *fattore d'amplificazione* », ed è $\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}$. La pendenza $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_g}$ esprime la variazione della corrente anodica per una data variazione della tensione di griglia. S si misura in mA/V. Esiste infine la resistenza interna R_i, definita dall'uguaglianza $R_i = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a}$, dove ΔI_a è la variazione della corrente anodica dovuta alla variazione ΔV_a della tensione di placca, tenendo però invariata la tensione di griglia V_g. Per le grandezze succitate vale l'equazione di Barkhausen: $D \cdot S \cdot R_i = 1$.

Un Capitolo successivo spiegava cosa sono le *reattanze pure*: esse misurano l'ostacolo opposto dalle induttanze (bobine) e dalle capacità (condensatori) al passaggio della corrente alternata. Ripetiamo: nel caso di una bobina si parla di *reattanza induttiva*; tensione e corrente non sono in fase, e la corrente segue la tensione. Per i condensatori si parla invece di *reattanza capacitiva*; in questo caso la corrente precede la tensione. Il valore della reattanza induttiva o capacitiva si calcola con la formula: $R_{ind} = \omega \cdot L$ e $R_{cap} = \frac{1}{\omega \cdot C}$, che vi consigliamo di apprendere a memoria. Tenete poi presente che entrambe le reattanze dipendono dalla frequenza.

Il Capitolo sulla « Telefonia » descriveva dapprima l'*induttore a manovella* e gl'impianti telefonici nei quali è usato. L'induttore serve per chiamare la stazione comunicante e sostituisce pertanto una batteria che, se ci fosse, dovrebbe essere assai grossa. Per l'alimentazione del microfono occorre però ugualmente una sorgente di corrente continua: è la batteria microfonica, che può essere situata presso l'apparecchio stesso (nel sistema BL), oppure collocata in centrale (nel sistema BC).

Notiamo infine che hanno avuto un notevole ampliamento anche le vostre cognizioni matematiche. Vi consigliamo di usare sempre, nei vostri calcoli, le potenze decadiche; in tal modo le regole che avete appreso vi rimarranno più facilmente impresse.

ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

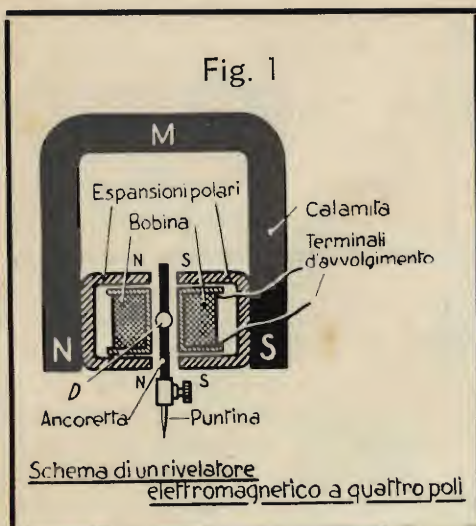
Il grammofono

Nella Dispensa N. 3 vi abbiamo dato qualche breve nozione sulla tecnica della ripresa e della riproduzione sonora. Questo argomento sarà ora trattato più estesamente.

Il rivelatore fonografico.

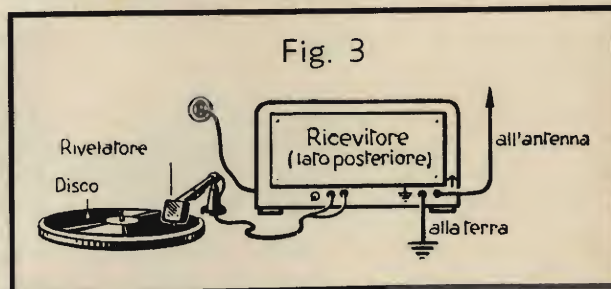
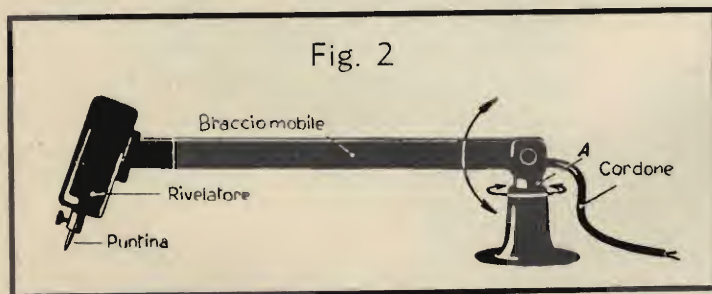
Consideriamo dapprima il rivelatore fonografico, detto anche, con termine inglese, « *pick-up* » (leggi « piccàp »).

Esso ha l'importante compito di tramutare in vibrazioni elettriche quanto è inciso nei solchi del disco; tali vibrazioni vengono poi trasformate in suoni dall'altoparlante. Il compito è quindi simile a quello del micro-

Schema di un rivelatore elettromagnetico a quattro poli

fono; non dovete però meravigliarvi constatando una conformazione assai diversa da quelle dei vari tipi di microfono esaminati nella Dispensa N. 3. Con un po' di fantasia troverete invece una notevole somiglianza nel principio costruttivo con gli altoparlanti a oscillazione libera. Esaminiamo il principio del dispositivo, servendoci della figura schematica 1. Tra i poli *N* e *S* di un *robusto magnete permanente* giace *un'ancoretta*, girevole nel punto *D*. Tale disposizione permette all'ancoretta di seguire i movimenti che le sono impressi dalla rotazione del disco, mentre la *punta* ad essa fissata è guidata dal solco a spirale. Il funzionamento avviene dunque come segue: le linee di forza magnetiche passano dal polo nord al polo sud, attraversando le espansioni polari e la parte in ferro dell'ancoretta. *Durante i movimenti dell'ancoretta queste linee di forza subiscono delle flessioni e sono costrette in tal modo a tagliare le spire della bobina inserita tra le espansioni polari.* Pertanto nella bobina nascono delle tensioni alternate, corrispondenti al movimento della puntina e quindi alle oscillazioni sonore incise nel disco. Si sfrutta dunque anche qui un *fenomeno d'induzione.*

La maggior parte dei rivelatori oggi usati funziona secondo il principio ora descritto, per cui si chiamano, analogamente agli altoparlanti, « *rivelatori elettromagnetici* ». Gli altri tipi di rivelatori non hanno raggiunto uguale importanza, per cui ci accontenteremo di citarli brevemente. Il *rivelatore piezoelettrico* (o *a cristallo*) è costituito, in primo luogo, da *un cristallo di quarzo* premuto dalla punta guidata nel solco. Grazie al cosiddetto « *effetto piezoelettrico* » tra due facce opposte del cristallo si sviluppa una tensione elettrica proporzionale alla pressione esercitata sul cristallo stesso.

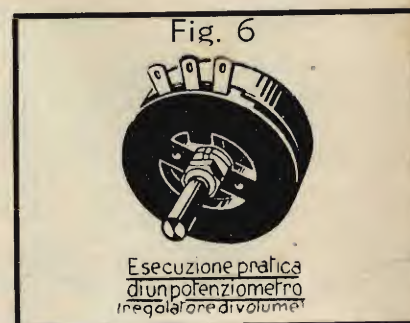
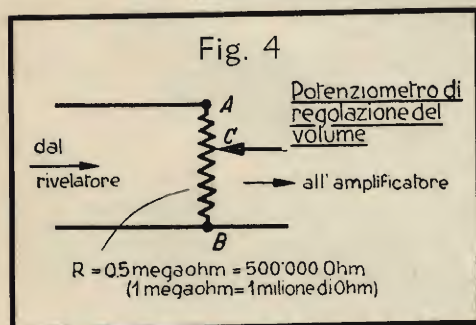
Più recentemente sono stati costruiti anche rivelatori basati sul *principio dinamico*, dotati quindi di bobina mobile. Essi consentono una *riproduzione molto pura*, ma necessitano di un'amplificazione assai maggiore degli altri tipi.

In questo tipo il vero e proprio sistema rivelatore è fissato ad *un braccio girevole* attorno all'asse *A* e disposto in modo da potersi muovere in su e in giù (vedasi figura 2). I conduttori, dai quali viene prelevata la corrente, si

dipartono dalla *bobina* del rivelatore, attraversano il braccio mobile e ne escono presso il piedestallo. La spina all'estremità del cordone va infilata nella presa, contrassegnata con la parola « *fono* » oppure col segno ⌀, di un comune apparecchio radio. Questo produce l'amplificazione, indispensabile, dato che la tensione erogata dalla bobina del rivelatore è tanto debole senza amplificazione, può essere percepita solo a stento in una cuffia telefonica. (Apprenderete fra breve come funziona un amplificatore e quale sia il compito della tavola amplificatrice in esso contenuta). Nella fig. 3 sono rappresentate le connessioni ora menzionate.

Il potenziometro.

Per poter aumentare o diminuire a piacimento l'intensità sonora (« il volume »), tra il rivelatore e l'amplificatore s'inserisce un *regolatore di volume*. Si tratta di una *resistenza ohmica* di alcune centinaia di migliaia di ohm, collegata in parallelo alla bobina del rivelatore e dotata di una presa spostabile (fig. 4). Quando il contatto mobile, o cursore, viene spostato verso *A*, aumenta il tratto di resistenza *BC* e quindi anche la tensione e l'intensità sonora. In radiotecnica questi regolatori hanno quasi sempre una forma cosiddetta « *toroidale* » o ad anello e si chiamano « *potenziometri* ».

Schema di un potenziometro (regolatore di volume)

Esecuzione pratica di un potenziometro (regolatore di volume)

Per piccoli valori ohmici si avvolge *un sottile filo di resistenza sopra un anello di materiale isolante*; il cursore viene fatto scorrere sull'orlo superiore dell'anello, dove il filo è preventivamente lucidato. Per valori più elevati si usa *uno strato di grafite ad alta resistività*; si ottiene, in questo caso, una superficie di contatto liscio, lungo la quale, col cursore, si può scegliere qualsiasi valore compreso tra le posizioni estreme. Nei *potenziometri a filo* la variazione di resistenza avviene invece soltanto a piccoli salti, mentre il cursore passa da una spira all'altra. Nelle figg. 5 e 6 è rappresentato un tipo comune di potenziometro.

Il complesso fonografico.

Dopo queste considerazioni possiamo mettere assieme un intiero complesso fonografico. Manca ora soltanto *un piccolo motorino elettrico*, che faccia girare il piatto con la giusta velocità di *78 giri al minuto*. Il *piatto*, sul quale viene deposto il disco, è fissato all'asse del motorino. Ci vuole poi *il braccio col pick-up*, il relativo *asse di rotazione* e *la forcella d'appoggio* per la posizione di riposo. Il *regolatore di velocità* del motorino, ed, eventualmente, un *regolatore del volume*, completano l'equipaggiamento (fig. 7). Il tutto è generalmente contenuto in una *custodia* laccata e lucidata (fig. 8). Il regolatore di volume può anche mancare, essendo comunque già contenuto nell'indispensabile amplificatore. Nella fig. 9 si vede poi un complesso fonografico che *sostituisce automaticamente il disco al termine della riproduzione* e rimette il pick-up all'inizio del nuovo disco. Apparecchi di questo genere sono in uso soprattutto nei locali pubblici.

Fig. 7

Il disco grammofonico.

È ora tempo di dire qualcosa sul disco grammofonico. Voi conoscete questi dischi neri, tutti ricoperti di solchi, tracciati, in modo apparentemente uniforme, l'uno accanto all'altro.

Fig. 8

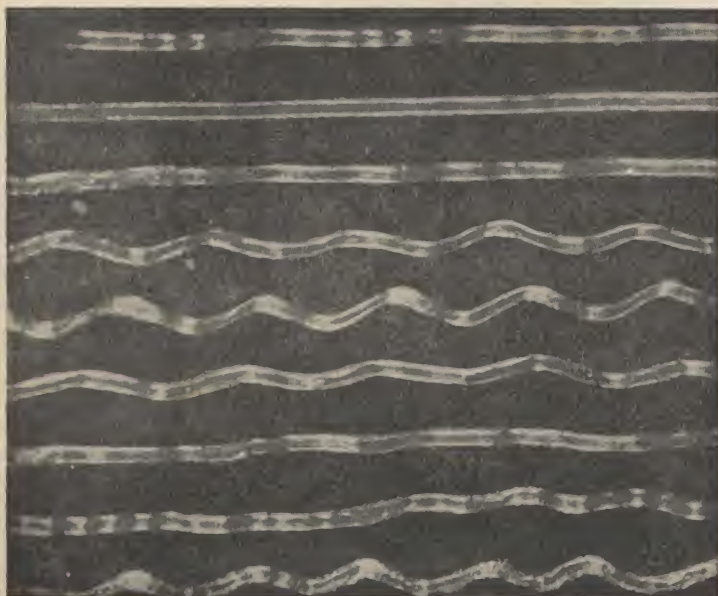
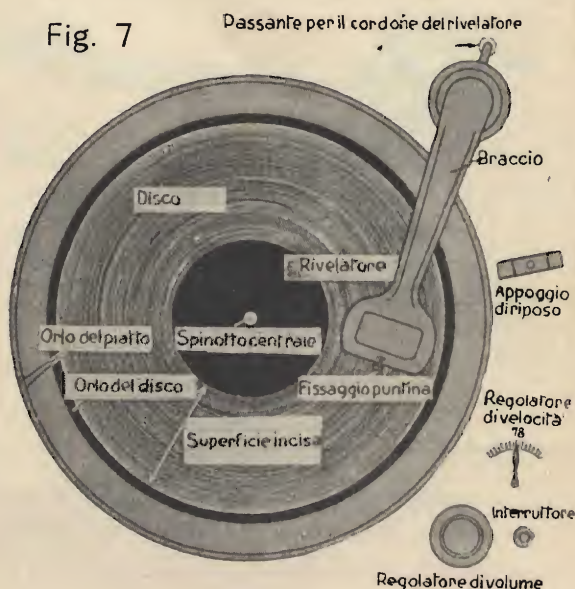



Fig. 9

Una fotografia a forte ingrandimento, come quella della fig. 10, c'insegna appunto che tale uniformità è solo apparente. Il disco non possiede infatti dei solchi uniformi, ma delle linee ondulate, costituite da minuscoli avvallamenti e gobbe di altezza variabile. Anche le lunghezze delle singole ondulazioni non sono uguali.

Fig. 10

Rammentiamoci di quanto abbiamo appreso in precedenza. Più alta è la frequenza di un'oscillazione, e più ravvicinate sono le successive ondulazioni; più bassa è la frequenza, e più esse sono lunghe. E, analogamente, più marcate sono le ondulazioni, e più il suono è intenso.

Cosa significano dunque i singoli solchi della figura 10? Il secondo solco,

Fig. 11

in alto, è quasi rettilineo; qui non si sentirà altro che il fruscio della puntina. Segue nei solchi successivi un aumento di volume sino al quinto solco, che presenta *l'intensità più forte*. La puntina del rivelatore scorre in questi solchi, quando il disco gira, la puntina è costretta ad eseguire, assieme all'ancoretta, delle oscillazioni, dipendenti dalla frequenza e dalla profondità dei solchi incisi nel disco. In questo modo, come già sapete, nella bobina del rivelatore vengono generate delle tensioni indotte.

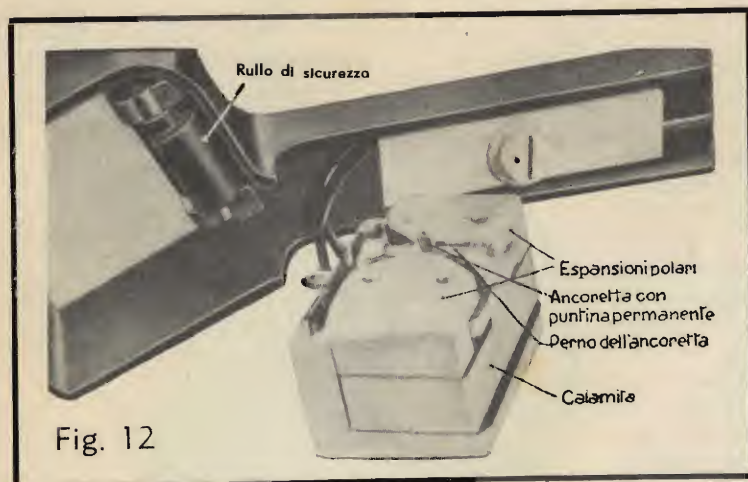



Fig. 12

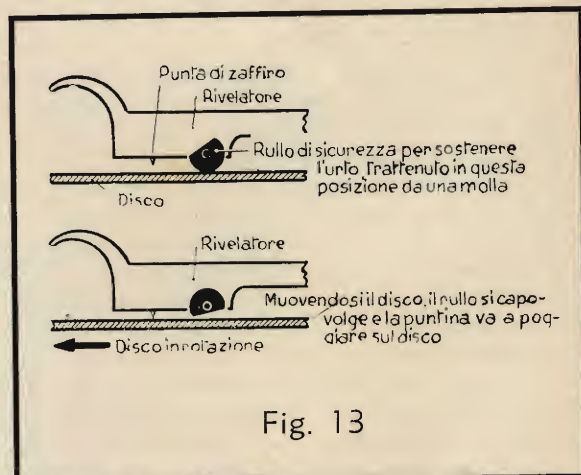



Fig. 13

Poichè i solchi sono molto sottili, bisogna usare una punta molto aguzza e snella, e perchè questa non resti deteriorata, strisciando sul disco, viene fatta abitualmente d'acciaio temperato.

Le puntine da grammofono si consumano tuttavia molto presto, come dimostra la fig. 11. Una punta smussata rovina il disco e consente solo una riproduzione scadente. La continua sostituzione delle puntine è però noiosa e si è quindi cercato di farle di un materiale più duro. Le attuali puntine *per uso permanente* sono costituite da *zaffiri affilati*, ossia da pietre preziose durissime. Per evitare la rottura di queste costose puntine, che avviene generalmente quando il pick-up viene posato sul disco poco delicatamente, quest'ultimo è dotato di un *rullino di sicurezza*, il cui funzionamento risulta dalla fig. 13.

Ancora poche parole sulla fabbricazione dei dischi. Vi ricordate sicuramente della visita allo studio di trasmissione, da noi descritta nella prima Dispensa. Come prima cosa occorre una riproduzione fonica perfetta, tale da poter essere incisa sul disco. L'ingegnere del suono controlla al quadro mescolatore che il carattere del suono sia giusto, dosando l'intensità sonora proveniente da vari microfoni, esattamente come nello studio di radiotrasmissione (fig. 14). Bisogna poi incidere i suoni nel disco. A questo scopo serve un dispositivo costruito allo stesso modo del rivelatore fonografico. In questo caso però la corrente a frequenza acustica viene generata dai microfoni, amplificata e addotta alla bobina, costringendo così l'ancoretta con la punta da incisione a muoversi col medesimo ritmo. Queste oscillazioni tracciano un sottile solco ondulato nella cera di cui è ricoperto lo speciale disco da incisione, nel quale rimane così registrato il brano musicale eseguito. Dal disco di cera si ricava quindi, per via galvanica, una *negativa metallica*, cioè un disco che, al posto dei solchi porta dei *rilievi*. Questa negativa serve per stampare i dischi definitivi, costituiti da una *materia termoplastica resinosa*, per esempio a base di gomma lacca. La colorazione nera dei dischi è usuale, ma non ha alcuna importanza.

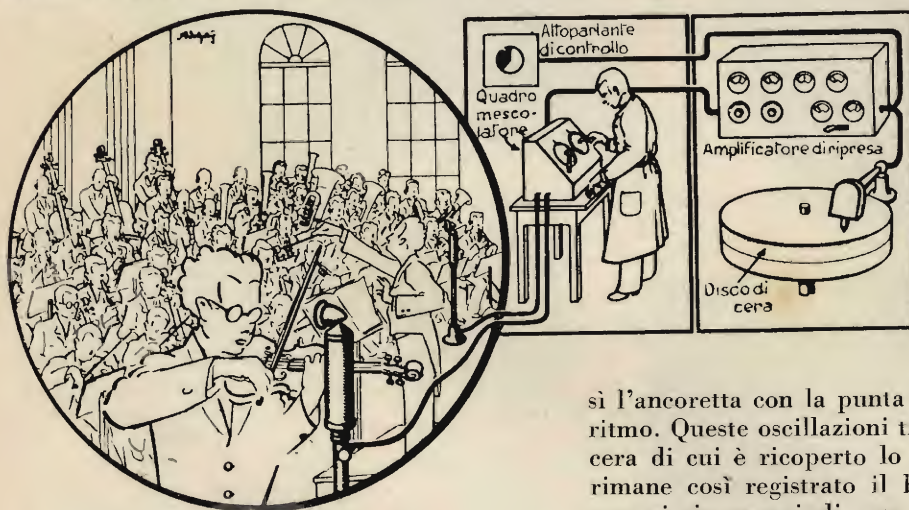



Fig. 14

Per terminare questo Capitolo v'interesserà sapere che *un solco fonografico*, in un disco normale da 30 cm, è lungo *circa 200 metri*. Capirete così come, nel compiere questo tragitto non indifferente, la puntina d'acciaio possa consumarsi, nonostante la sua durezza.

Domande

1. Quali sono le parti principali del rivelatore fonografico?
2. Perchè occorre amplificare le correnti erogate dal rivelatore, prima di addurle all'altoparlante?
3. Come si chiama l'organo usato come regolatore di volume nelle riproduzioni fonografiche?
4. Quanti giri compie normalmente un disco, in un minuto?

MATEMATICA

La trigonometria (Teoria del triangolo)

Leggendo questo titolo vi chiederete forse, che mai c'entri l'elettrotecnica con la teoria del triangolo. Eppure c'entra molto, e ne avrete presto la conferma. Per meglio comprendere le relazioni tra le grandezze, che si presentano nei circuiti a corrente alternata, esse si rappresentano infatti con l'aiuto del triangolo rettangolo. Nella Dispensa precedente, trattando dell'induttore a manovella, abbiamo già accennato alla curva sinusoidale della tensione. Per poter comprendere questa espressione, occorre che ci occupiamo un poco di trigonometria. Quando conoscerete i fondamenti di questa parte della matematica, potrete seguire con facilità le nostre spiegazioni sulle leggi della curva sinusoidale della corrente alternata.

La trigonometria si riferisce in primo luogo ai *triangoli rettangoli*. La trigonometria c'insegna a determinare col calcolo (non col disegno) la grandezza delle varie parti di un triangolo rettangolo (lunghezza dei lati e dimensione degli angoli).

Nella fig. 15 è disegnato un triangolo rettangolo. Il lato opposto all'angolo retto, e contrassegnato nella figura con c, si chiama « *ipotenusa* »; i lati a e b, che includono l'angolo retto, si chiamano « *cateti* ».

I *vertici* del triangolo (cioè i punti in cui si uniscono due lati) portano la stessa designazione del lato opposto. Perciò nella fig. 15 il punto C è opposto al lato c, il punto A al lato a e il punto B al lato b.

Gli angoli sono invece designati con lettere greche, corrispondenti ai vertici. Nel punto A c'è quindi l'angolo α (leggi alfa), nel punto B l'angolo β (beta), e nel punto C l'angolo γ (gamma), che nella fig. 15 è di 90°, perchè retto.

Fig. 15

In seguito parleremo spesso del cateto *adiacente* e del cateto *opposto*. Ciò si riferisce sempre ad un angolo determinato. Così per esempio il lato b è il *cateto adiacente* all'angolo α; per l'angolo β invece il lato b è il *cateto opposto*.

> *Il cateto adiacente costituisce sempre un lato dell'angolo considerato. Il cateto opposto invece non costituisce un lato dell'angolo considerato, ma si trova opposto ad esso.*

Il cateto opposto all'angolo β è quindi b, il cateto adiacente all'angolo β è a; il cateto opposto all'angolo α è a, quello adiacente è b. Il lato a è nel medesimo tempo cateto opposto di α e cateto adiacente di β.

A. Seno e coseno.

Com'è noto, le dimensioni di un triangolo non hanno alcuna influenza sulla grandezza degli angoli. È possibile quindi disegnare numerosi triangoli, tutti di grandezza differente, ma dotati degli stessi angoli. Come esempio vi presentiamo nella fig. 16 tre di questi triangoli rettangoli cosiddetti « *simili* ». In tutti e tre c'è un angolo retto nel vertice C, un angolo $\beta = 60°$ in B e un angolo $\alpha = 30°$ in A.

Esaminiamo ora quante volte è contenuta la lunghezza del lato a nella lunghezza del lato c; troviamo che in tutti e tre i triangoli il lato a è contenuto l'identico numero di volte nel lato c. Infatti dalla fig. 16 si rilevano i seguenti valori:

triangolo I : lato a = 10 mm, lato c = 20 mm;
triangolo II : lato a = 20 mm, lato c = 40 mm;
triangolo III: lato a = 30 mm, lato c = 60 mm.

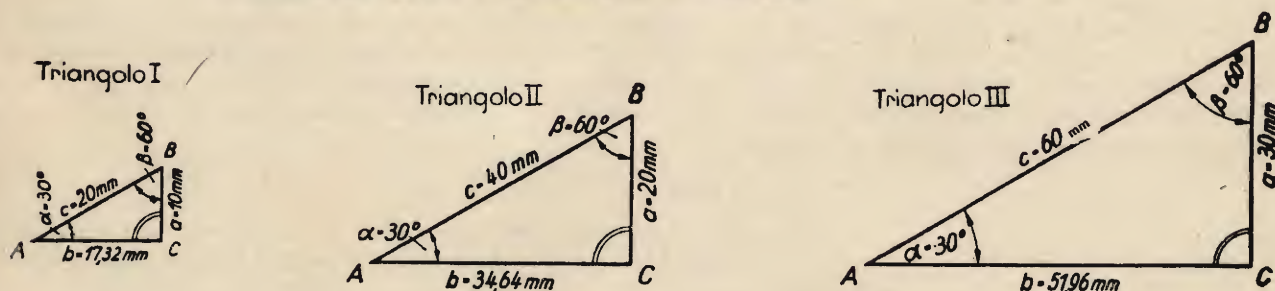



Fig. 16

In tutti questi triangoli il lato a è quindi uguale alle metà del lato c. Da ciò possiamo dedurre l'importante constatazione che, in tutti i triangoli rettangoli, grandi o piccoli che siano, le lunghezze dei lati si trovano nel medesimo rapporto tra di loro, purchè gli angoli siano sempre gli stessi.

In tutti e tre i triangoli della fig. 16, l'angolo α è uguale a 30°, e il rapporto del lato a al lato c è sempre uguale a 1 : 2 oppure, scritto sotto forma di frazione, a $\frac{1}{2}$. Possiamo dire quindi che $\frac{a}{c} = \frac{1}{2}$.

Il rapporto degli altri dati dei triangoli è anch'esso ben determinato, pur essendo diverso. Calcoliamo, per esempio, il rapporto di b a c, quindi la frazione $\frac{b}{c}$; constatiamo che si ottiene sempre il medesimo valore.

Triangolo I : $b = 17{,}32$ mm e $c = 20$ mm; quindi $\frac{b}{c} = \frac{17{,}32}{20} = 0{,}866$

Triangolo II : $b = 34{,}64$ mm e $c = 40$ mm; quindi $\frac{b}{c} = \frac{34{,}64}{40} = 0{,}866$

Triangolo III: $b = 51{,}96$ mm e $c = 60$ mm; quindi $\frac{b}{c} = \frac{51{,}96}{60} = 0{,}866$

Per designare questi rapporti costanti dei lati dei triangoli rettangoli sono state introdotte delle denominazioni speciali. Il rapporto fra il cateto opposto e l'ipotenusa si chiama « *seno* » dell'angolo considerato. Quindi:

$$\text{seno} = \frac{\text{cateto opposto}}{\text{ipotenusa}} \quad \text{. . . . . . Formula (35)}$$

Per l'angolo α il cateto opposto è il lato a; l'ipotenusa è il lato c; quindi il seno dell'angolo α è uguale ad $\frac{a}{c}$.

Il seno dell'angolo β invece non è $\frac{a}{c}$, poichè a non è il cateto *opposto* dell'angolo β, bensì il cateto *adiacente*. Il cateto opposto è b, e quindi

$$\text{seno } \beta = \frac{b}{c}.$$

Il rapporto del cateto adiacente all'ipotenusa ha anch'esso un nome speciale: si chiama « *coseno* ». È dunque:

$$\text{coseno} = \frac{\text{cateto adiacente}}{\text{ipotenusa}} \quad \text{. . . . Formula (36)}$$

Per l'angolo α, il cateto adiacente è b, quindi il coseno dell'angolo α è uguale a $\frac{b}{c}$. Abbiamo già calcolato prima il rapporto $\frac{b}{c}$ per i tre triangoli della fig. 16; esso è sempre il medesimo, cioè $\frac{b}{c} = 0{,}866$. Il rapporto $\frac{b}{c}$ coseno di α è dunque il rapporto tra il cateto adiacente all'angolo α e l'ipotenusa. L'angolo α, nell'esempio considerato, è di 30°, e quindi coseno 30° = 0,866.

Il seno di 30°, come abbiamo pure calcolato prima, è uguale ad $\frac{a}{c} = \frac{1}{2} = 0{,}5$; infatti la lunghezza del cateto opposto ad un angolo di 30° è sempre la metà dell'ipotenusa.

Questi rapporti tra i lati dei triangoli rettangoli, e cioè i valori del seno e del coseno, sono stati calcolati per tutti gli angoli nelle cosiddette « *tavole trigonometriche* ». Le due principali tavole trigonometriche sono riportate a pag. 29 della presente Dispensa. Nella prima tavola (Tabella N. 7) sono contenuti i valori del seno e del coseno di un angolo *inferiore a 45°*: si cerca nella colonna I l'angolo voluto e si legge a destra, nella colonna II, il valore del seno, e nella colonna III, il valore del coseno dell'angolo considerato. Se si vuole invece trovare il seno o il coseno di un angolo *compreso tra 45° e 90°*, si cerca il valore dell'angolo nella colonna IV e si trova alla sua sinistra, nelle colonne III e II, i valori del seno e del coseno. Si procede cioè dall'estremità inferiore della tabella; il seno si trova quindi nella colonna III ed il coseno nella colonna II.

Applichiamo le nozioni apprese con un esempio.

Fig. 17

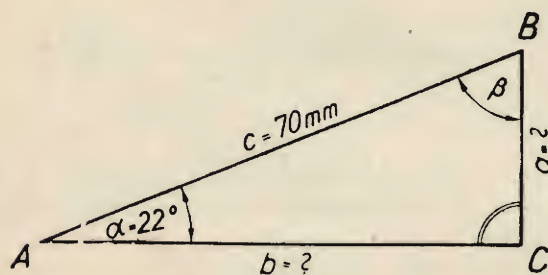
Problema:

In un triangolo rettangolo (fig. 17) l'ipotenusa è $c = 70$ mm e l'angolo $\alpha = 22°$. Che lunghezza hanno i lati a e b?

Soluzione:

Quando in un triangolo rettangolo sono dati un lato ed un angolo, *si determina dapprima il rapporto trigonometrico* esistente tra il lato noto e quello cercato: dal rapporto si ricava poi il valore del lato cercato.

Calcolo del lato *a*.

Esaminiamo il rapporto trigonometrico esistente tra il lato a e l'ipotenusa c. Abbiamo imparato che — = seno α. In questa

equazione a è l'incognita. Risolviamo quindi l'equazione per a, trasportando c dal denominatore del primo membro al numeratore del secondo membro: quindi $a = c \cdot \textit{seno}\ \alpha$ (1).

Per c poniamo 70 mm, per α 22°. Nella Tabella N. 7 troviamo: seno 22° = 0,37461. Otteniamo quindi:

$$a = c \cdot \text{seno}\ \alpha = 70 \cdot \text{seno}\ 22^\circ = 70 \cdot 0{,}37461 = 26{,}2227 \text{ mm}$$

Per mezzo del disegno sarebbe naturalmente impossibile ottenere un risultato così esatto.

Calcolo del lato b.

Bisogna trovare ora il rapporto trigonometrico del lato b col lato c: esso è $\frac{b}{c} = \textit{coseno}\ \alpha$. Risolviamo l'equazione per l'incognita b: $b = c \cdot \text{coseno}\ \alpha$. Inseriamo ancora per α 22°. Secondo la Tabella N. 7, coseno 22° = = 0,92718. Quindi: $b = 70 \cdot 0{,}92718$. Risultato: $b = \mathit{64{,}9026\ mm}$.

B. Tangente e cotangente.

Oltre al seno ed al coseno si possono formare anche altri rapporti in un triangolo rettangolo. Osservando i triangoli della fig. 16 notiamo che in un triangolo rettangolo, deve sussistere pure un determinato rapporto *tra i due cateti*. Il rapporto fra il cateto opposto ad un determinato angolo, e il cateto adiacente, si chiama « *tangente* » dell'angolo considerato. Quindi:

$$\textit{tangente} = \frac{\textit{cateto opposto}}{\textit{cateto adiacente}} \qquad \text{. . . . . . Formula (37)}$$

Nelle figg. 15 e 16 è quindi: *tangente* $\alpha = \frac{a}{b}$ e *tangente* $\beta = \frac{b}{a}$.

Il reciproco della tangente è la *cotangente*, quindi:

$$\textit{cotangente} = \frac{\textit{cateto adiacente}}{\textit{cateto opposto}} \qquad \text{. . . . . . Formula (38)}$$

Di conseguenza, nelle figg. 15 e 16, abbiamo: *cotangente* $\alpha = \frac{b}{a}$; *cotangente* $\beta = \frac{a}{b}$.

Nella Tabella N. 8 sono raccolti i valori numerici della tangente e della cotangente, nell'identica maniera come quelli del seno e del coseno nella Tabella N. 7.

Problema N. 1:

Nel triangolo rettangolo della fig. 18 l'angolo α = 23° ed il lato b = 40 mm. Qual è la lunghezza del lato a?

Fig. 18

Soluzione:

Troviamo la relazione trigonometrica tra il cateto incognito a e quello noto b.

a è il lato opposto per l'angolo α, e b il lato adiacente. Quindi $\frac{a}{b}$ = tangente α.

Risolvendo per l'incognita a, otteniamo: $a = b \cdot \text{tangente}\ \alpha = 40 \cdot \text{tangente}\ 23^\circ$. Dalla Tabella N. 8 si ricava tangente 23° = 0,42447. Il risultato è quindi:

$$a = 40 \cdot 0{,}42447 = \text{circa } \mathit{17{,}0\ mm}$$

Problema N. 2:

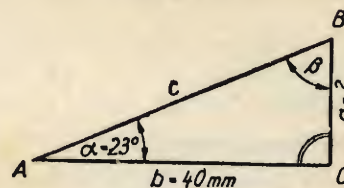
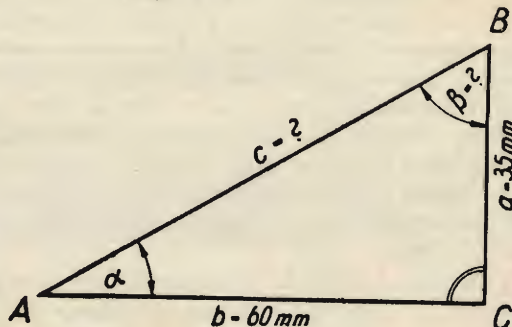
Calcolare l'angolo β ed il lato c del triangolo rettangolo della figura 19.

Fig. 19

Soluzione:

Per poter determinare l'angolo β, calcoliamo un rapporto dei due cateti che si riferisca all'angolo cercato, per es.:

tangente $\beta = \frac{b}{a} = \frac{60}{35} = 1{,}714$.

Sappiamo così che la tangente dell'angolo ricercato β è uguale a 1,714. Nella Tabella N. 8 cerchiamo l'angolo corrispondente a questo valore e troviamo come valore più prossimo 1,73205 (nella colonna III). Poichè abbiamo dovuto cercare la tangente nella co-

(1) *Seno* α può considerarsi come il numeratore della frazione $\frac{\textit{Seno}\ \alpha}{1}$

lonna III, l'angolo corrispondente si troverà nella colonna IV: esso è di 60°.

Quindi si ottiene β = *circa 60°*.

Conoscendo l'angolo β possiamo ora calcolare l'ipotenusa c: calcoliamo perciò un rapporto tra l'incognita c ed uno dei cateti, usando anche il valore dell'angolo conosciuto β. Scriviamo così, p. es., $\frac{a}{c}$ = coseno β, ossia, risolvendo per c:

$$c = \frac{a}{\text{coseno } \beta} = \frac{35}{\text{coseno } 60^\circ} = \frac{35}{0{,}5} \text{ ; quindi } c = 70 \text{ mm}$$

Terminiamo osservando che i nomi dei vari rapporti trigonometrici vengono generalmente abbreviati nelle seguenti maniere:

Seno	:	*sen*
Coseno	:	*cos*
Tangente	:	*tg*, oppure *tang*
Cotangente	:	*ctg*, oppure *cotang*

Domande

1. Come si chiama il lato opposto all'angolo retto di un triangolo rettangolo?
2. Con quali lettere si designano i due lati del triangolo che includono l'angolo a, e come viene indicato il vertice dell'angolo a?
3. Qual è il rapporto trigonometrico chiamato « *coseno* »?
4. Come si chiama il rapporto trigonometrico tra il cateto opposto ad un angolo e l'ipotenusa?
5. Qual è l'abbreviazione di « cotangente »?

Risposte alle domande di pag. 4

1. Il rivelatore fonografico è costituito principalmente da un magnete permanente con espansioni polari, bobina ed ancoretta mobile con dispositivo di fissaggio per la puntina.
2. Le correnti erogate dal rivelatore sono debolissime e possono, tutt'al più, essere percepite con una cuffia telefonica. Per poter allacciare un altoparlante è necessario ingrandire le deboli correnti alternate a frequenza fonica, per mezzo di un amplificatore.
3. L'organo, che nella riproduzione dei dischi fonografici serve per regolare l'intensità sonora, si chiama « *potenziometro* ».
4. La velocità de dischi fonografici dev'essere di 78 giri al minuto.

RADIOTECNICA

Vorremmo ora farvi conoscere alcuni concetti che, in radiotecnica, sono della massima importanza. Cercate di familiarizzarvi con essi, per poter poi seguire bene le spiegazioni delle Dispense successive. Questi concetti fondamentali devono esservi sempre presenti e diventare per voi nozioni chiare e ben note.

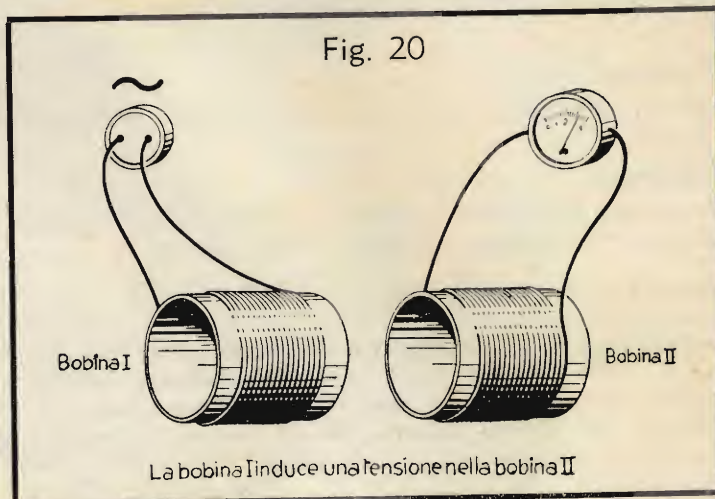
L'accoppiamento

Nella Dispensa N. 5 avete appreso gli effetti dell'*induzione mutua*. Quando in una bobina circola corrente alternata, viene indotta una tensione in una seconda bobina, non collegata con la prima; l'esistenza di questa tensione si dimostra facilmente con l'ausilio di uno strumento di misura (fig. 20).

Supponiamo che, con una disposizione delle bobine simile a quella della fig. 20, lo strumento ci dia una determinata indicazione, p. es., 20 mA. Facciamo un piccolo esperimento: aumentiamo la distanza tra le due bobine, che possono essere spostate a piacimento. Controllando ora l'indicazione dello strumento, constatiamo che è diminuita di valore, scendendo a circa 10 mA. Continuando l'esperimento con distanze sempre crescenti tra le due bobine, rileviamo che il valore indicato dallo strumento diminuisce sempre più, fino a raggiungere lo zero.

La diminuzione della tensione indotta non ci sorprende, se pensiamo alla configurazione del campo magnetico generato dalla bobina I. Più la bobina II viene avvicinata alla I, e più essa è soggetta al-

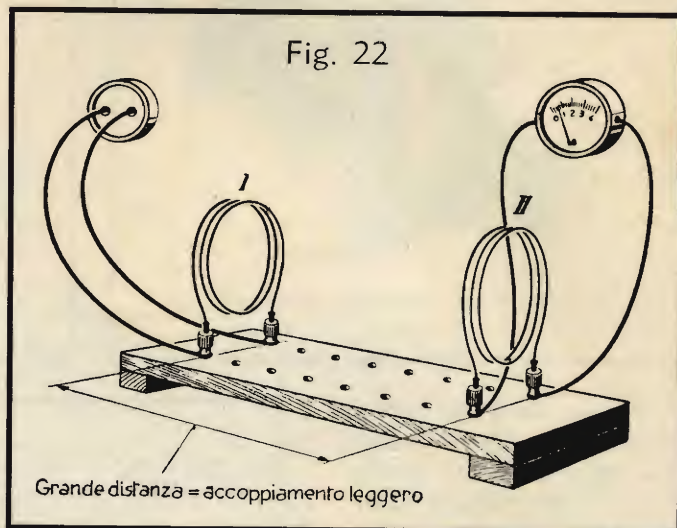
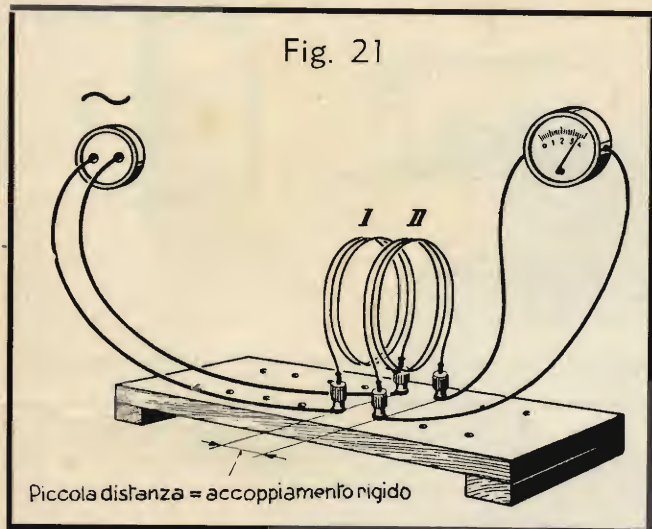
Fig. 20

La bobina I induce una tensione nella bobina II

l'influenza del campo. Le linee di forza compenetrano, per così dire, la bobina adiacente e *accoppiano* in tal modo le due bobine. Quando le bobine sono vicine, le linee di forza le compenetrano meglio entrambe, e si parla quindi di *accoppiamento rigido* (fig. 21). Analogamente, nel caso di due bobine distanti, si parla di *accoppiamento leggero* (fig. 22).

Per poter giudicare la qualità di un accoppiamento è stato introdotto un numero di confronto, il cosiddetto « *grado* » o « *fattore d'accoppiamento* ». Nell'accoppiamento magnetico o, come si dice generalmente, induttivo, esso caratterizza la posizione reciproca delle bobine o il modo nel quale le linee di forza sono, per così dire, « *incanalate* » mediante nuclei di ferro.

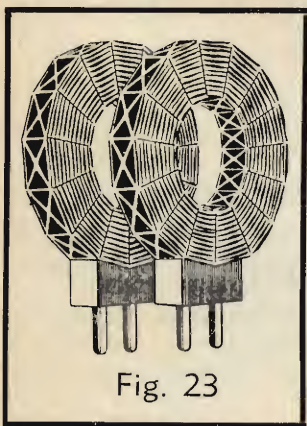
Dato che due bobine accoppiate costituiscono sempre un trasformatore, bisogna guardarsi dal confondere il fattore d'accoppiamento col rapporto di trasformazione. Quest'ultimo può assumere qualsiasi valore, che, per definizione, sarà sempre maggiore di 1, per es., 3 : 1; il *fattore d'accoppiamento* è invece sempre inferiore all'unità, che costituisce anzi il valore limite teorico.

Fig. 21

Fig. 22

I *trasformatori per bassa frequenza* hanno il fattore d'accoppiamento compreso tra 0,9 e 0,99. Nei *filtri di banda*, invece, tale fattore varia tra 0,01 e 0,04 circa.

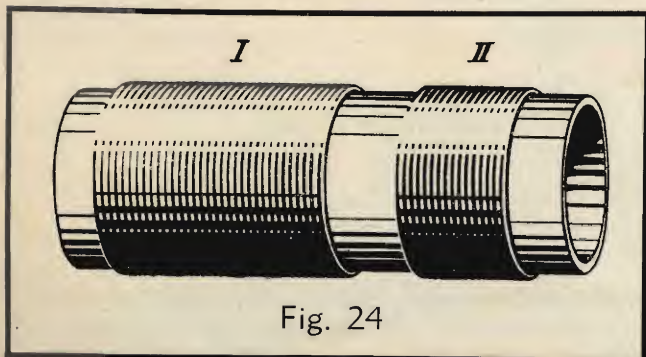
Modi d'accoppiamento.

Due bobine possono essere accoppiate in varie maniere. Nella fig. 23 si vedono due *bobine a nido d'ape* accoppiate, situate l'una accanto all'altra. Due *bobine solenoidali*, avvolte sul medesimo cilindro, sono naturalmente accoppiate anch'esse (fig. 24). È ovvio che le bobine possono essere avvolte anche su cilindri separati, come nella fig. 20; in questo caso l'accoppiamento è tanto più rigido, quanto più vengono avvicinate tra loro. Quando uno dei due corpi di bobina è più piccolo, in modo da poter essere introdotto nell'altro, l'accoppiamento diminuisce man mano che si estrae la bobina interna da quella esterna (fig. 25). Se la bobina interna è fissata ad un albero, in modo da poter essere ruotata (fig. 26), è possibile variare a piacimento il fattore d'accoppiamento, inclinando più o meno tra loro gli assi delle due bobine.

Fig. 23

Il grado d'accoppiamento raggiunge il massimo valore quando gli assi dei due cilindri, sui quali sono avvolte le bobine, sono collineari, ed il valore minimo quando tali assi sono perpendicolari tra loro. Un dispositivo di questo genere si chiama « *variometro* ».

Nella fig. 27 sono rappresentate due bobine cilindriche, disposte con gli assi perpendicolari tra loro. Benchè in questo caso il grado di accoppiamento sia esiguo,

Fig. 24

Accoppiamento induttivo di due solenoidi infilati l'uno nell'altro
Fig. 25

tuttavia esiste una certa influenza induttiva di una bobina sull'altra. Infatti una parte delle linee di forza generate dalla bobina I attraversa ugualmente la bobina II, purchè questa non sia troppo distante.

La conoscenza dell'influenza reciproca delle bobine è molto importante, come vedrete in seguito. Accade spesso, per esempio, che, in un ricevitore, siano contenute varie bobine, che non debbano influenzarsi a vicenda. Bisogna badare quindi che tali bobine siano disposte alla maggior distanza possibile, per eliminare gli accoppiamenti.

Fig. 26

Accoppiamento variabile: „variometro"

Fig. 27

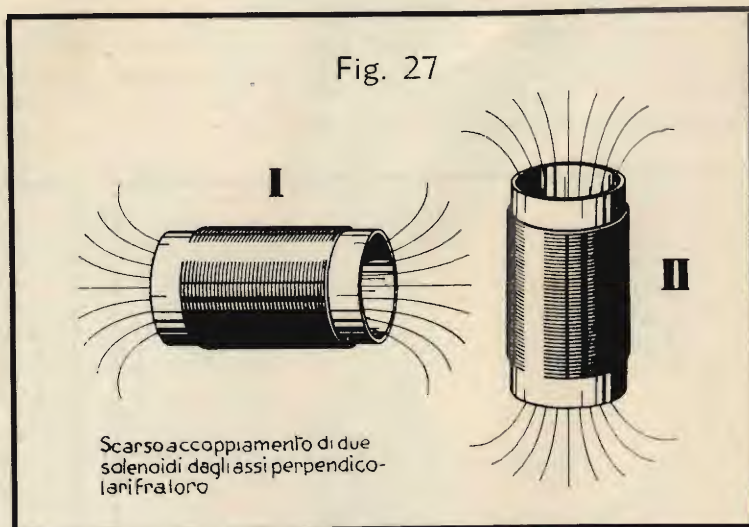
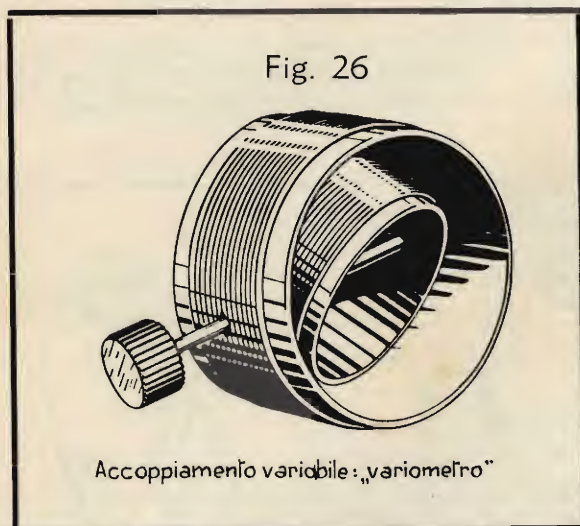
Scarso accoppiamento di due solenoidi dagli assi perpendicolari fra loro

Se finora abbiamo parlato soltanto di *accoppiamento induttivo*, dobbiamo ora aggiungere che esistono anche altre specie di accoppiamento, per esempio, quello *capacitivo*. La fig. 28 mostra un caso di accoppiamento capacitivo. I circuiti I e II sono sistemati in modo che le loro bobine non possano influenzarsi; tuttavia è possibile accoppiare i due circuiti mediante il condensatore *C*.

Fig. 28 Accoppiamento capacitivo

Capacità (condensatore)

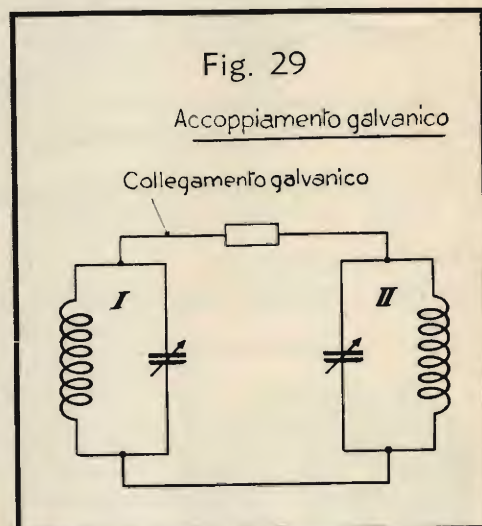
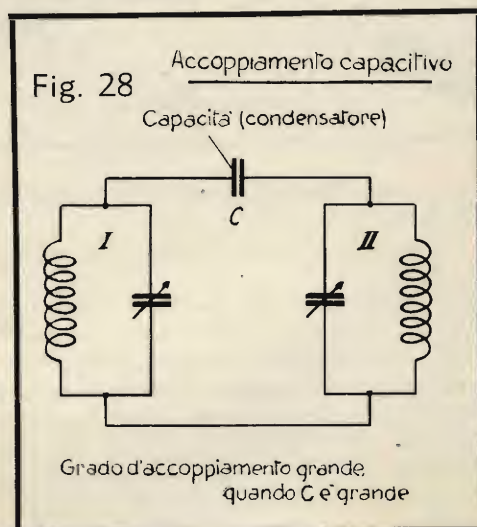
C

I

II

Grado d'accoppiamento grande quando C è grande

Fig. 29

Mentre nel caso dell'accoppiamento induttivo questo avveniva per effetto delle linee di forza magnetiche, la causa dell'accoppiamento capacitivo risiede ora nelle linee di forza del campo elettrostatico tra le armature del condensatore. Il grado di accoppiamento è quindi maggiore, quanto più elevata è la capacità del condensatore.

Oltre all'*accoppiamento capacitivo* si può realizzare anche un *accoppiamento capacitivo-induttivo*, disponendo le bobine dei circuiti I e II in modo che s'influenzino vicendevolmente per induzione. Se invece i due circuiti sono collegati tra loro per mezzo di una resistenza, come nella fig. 29, si parla di *accoppiamento galvanico*.

Domande

1. In quali circostanze si ha un accoppiamento rigido di due bobine?
2. Da che cosa dipende il grado di accoppiamento di due bobine?
3. Come si chiama un dispositivo costituito da due bobine, di cui si può variare il grado di accoppiamento?
4. In quali modi si possono accoppiare tra loro due circuiti?

Il circuito oscillante

Nella Dispensa N. 10 abbiamo conosciuto varie proprietà e particolarità delle bobine e dei condensatori, elementi fondamentali tra quelli costituenti i circuiti elettrici, nei quali rappresentano capacità e induttanze. Co-

me sapete, la capacità e l'induttanza sono sostanzialmente differenti; questa nozione ormai acquisita, ci servirà in seguito per trarne delle utili conseguenze.

Facciamo alcuni piccoli esperimenti. Prendiamo una bobina (p. es. l'avvolgimento primario di un trasformatore abbastanza grosso che, fatto con filo piuttosto spesso, abbia un'induttanza di circa 2H), e allacciamola ad una tensione alternata di 50 V a 50 periodi; passerà una corrente della quale possiamo facilmente calcolare l'intensità. Essa è:

$$I = \frac{V}{R_{ind}} = \frac{V}{2\pi . f . L} = \frac{50}{2\pi . 50 . 2} = \frac{1}{4\pi} = 0{,}08 \text{ A}$$

Se colleghiamo ora in parallelo due di tali bobine, ognuna assorbirà 0,08 A e quindi, tutte e due assieme, 0,16 A. Ciò è senz'altro chiaro.

Facciamo il medesimo esperimento con due condensatori da 5 µF. Essi assorbiranno la seguente corrente:

$$I = \frac{V}{R_{cap}} = \frac{V}{\frac{1}{2\pi . f . C}} = \frac{V . 2\pi . f . C}{1} = 50 . 2\pi . 50 . 5 . 10^{-6} = 0{,}078 \text{ A}$$

Fin qui tutto è facile ed evidente. Ora prendiamo la nostra bobina da 2 H e colleghiamo in parallelo ad essa il condensatore da 5 µF. Inseriamo poi tre amperometri nelle linee (figura 30). Come negli esperimenti precedenti, quando applichiamo 50 V passano 0,08 A nella bobina e 0,078 A nel condensatore. Che cosa misuriamo invece nella linea comune? Soltanto una corrente di pochi mA. Questa constatazione è sorprendente e controlleremo quindi di non aver fatto qualche errore nei collegamenti o nella lettura degli strumenti. Eppure tutto è in ordine. Sembra quindi che la corrente della bobina non torni nella rete, ma vada a finire nel condensatore, e viceversa. Effettivamente nella bobina e nel condensatore circola una corrente rotatoria, e solo la minuscola differenza tra 0,08 e 0,078 A, quindi 0,002 A, proviene dalla rete. In altre parole: fornendo una corrente di soli 0,002 A si ottiene nella bobina e nel condensatore una corrente circa 40 volte maggiore.

Dobbiamo insistere a questo proposito che l'esperimento riesce soltanto se si rispettano le condizioni da noi scelte, e cioè se la frequenza è uguale a 50 Hz e se la bobina e il condensatore non posseggono delle possibili resistenze ohmiche. Comprenderete da ciò che, per ottenere lo strano fenomeno ora descritto, occorre siano rispettate determinate relazioni tra la frequenza della tensione alternata applicata ed il valore della capacità e dell'induttanza in giuoco. Se potessimo disporre di condensatori e di bobine ideali e cioè privi di qualsiasi resistenza, e se i due elementi fossero perfettamente adeguati fra loro (e cioè se la reattanza induttiva e quella capacitiva avessero il medesimo valore), allora otterremmo una corrente assai intensa, senza che lo strumento nella linea comune indichi alcuna corrente.

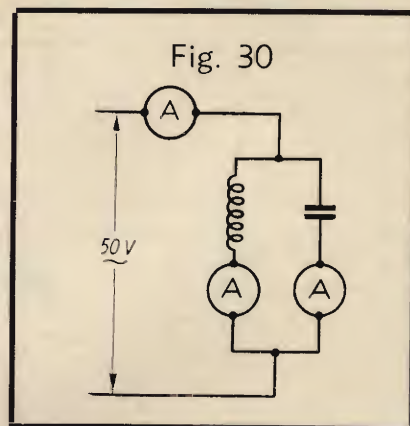
Il collegamento eseguito conformemente alla fig. 30 si chiama «*circuito oscillante*», mentre l'effetto, per cui nella linea comune si ha una corrente minuscola e nel condensatore e nella bobina una corrente intensa, si chiama « *risonanza* ».

Capite ora la ragione per la quale nella Dispensa N. 6 ci siamo occupati così insistentemente del concetto di risonanza, servendoci di un esempio meccanico! Anche in quel caso bastava una successione di deboli soffi per produrre nel ricevitore, esattamente accordato, delle oscillazioni sensibili. Comprenderete sicuramente l'analogia esistente col fenomeno ora descritto, benchè non dobbiate attendervi che i risultati d'indagini meccaniche possano essere senz'altro tradotti in *termini elettrici*.

Deduciamo ancora qualche altra conclusione. Nel nostro esperimento con la bobina ed il condensatore la tensione è rimasta sempre uguale a 50 V, mentre le correnti nella linea comune e nel circuito oscillante sono notevolmente diverse. Secondo la legge di *Ohm*, $R = \frac{V}{I}$, si ottengono per i singoli elementi $\frac{50}{0{,}08} = 625$ ohm, mentre il complesso ha una resistenza di $\frac{50}{0{,}002} = 25\,000$ ohm.

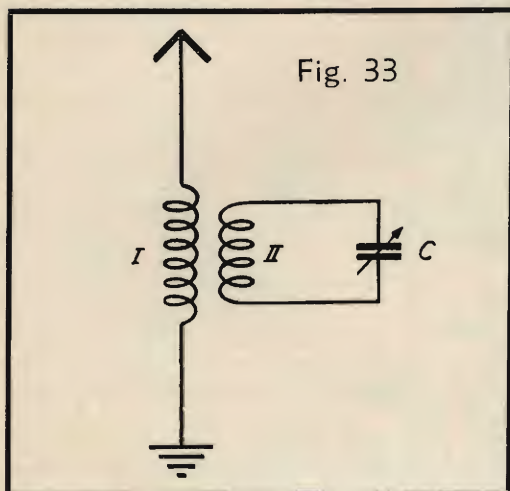
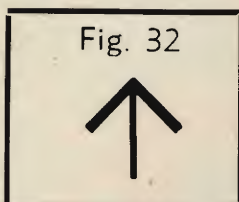
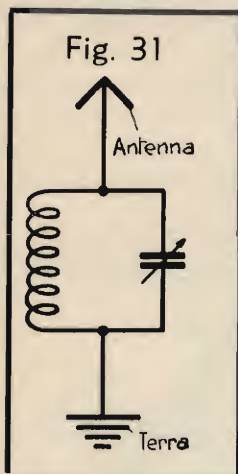
Abbiamo trovato così, col circuito oscillante in parallelo, il modo di ottenere una resistenza particolarmente elevata ad una determinata frequenza.

Variando la frequenza le condizioni del circuito oscillante cambiano, come abbiamo già accennato. Per avere la possibilità di adattare un circuito oscillante ad una frequenza variabile, ci si serve di un condensatore variabile. La capacità di quest'ultimo viene variata, finchè si trova la risonanza per la nuova frequenza.

È possibile a questo modo accordare o *sintonizzare* con la nuova frequenza il circuito oscillante variabile. Cominciate ad indovinare qualche cosa? Continuate a leggere!

L'accoppiamento d'antenna

Come sapete dalla Dispensa N. 6, l'antenna di un ricevitore serve a captare le onde di trasmissione. Circolano allora nell'antenna delle correnti, che vanno addotte al radioricevitore. Vediamo ora quale sia il modo migliore di collegare l'antenna dell'apparecchio ricevente. Nell'antenna sono presenti numerosissime correnti delle più disparate frequenze, circa 300 nella sola Europa. È chiaro che non vogliamo ascoltarle tutte e quante assieme. Vorremmo invece far pervenire al nostro ricevitore l'onda di una sola delle numerose stazioni captate dall'antenna. Come fare? Ormai voi lo sapete già: ci serviamo delle proprietà del circuito oscillante.

Fig. 31

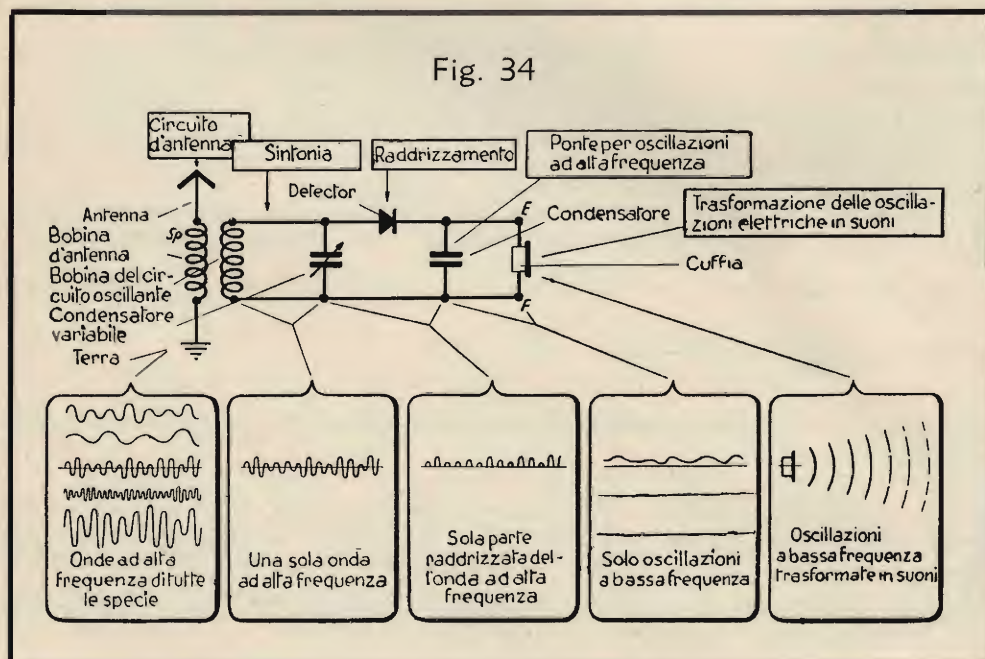
Bisogna però trovare il modo più conveniente d'inserire il circuito oscillante tra l'antenna e la terra, ossia nel cosiddetto « *circuito d'antenna* ». La cosa più semplice parrebbe di inserire il circuito oscillante nella linea, come è indicato nella fig. 31. Usiamo in questa occasione per la prima volta il simbolo dell'antenna (fig. 32).

Lo schema della fig. 31 corrisponde ad un accoppiamento galvanico perfettamente rigido. Questo ha diversi svantaggi: tra l'altro occorrerebbe accordare anche l'antenna stessa, la quale costituisce essa pure una specie di circuito oscillante, un cosiddetto « *circuito aperto* ». Generalmente non è però possibile abbinare la sintonia del circuito oscillante e dell'antenna. D'altra parte, se l'antenna non viene accordata, essa non può lavorare correttamente assieme al circuito oscillante chiuso e la ricezione diviene pressochè impossibile. Si è trovato infine nello schema della fig. 33 un compromesso pratico. Esso si attua *inserendo nella linea d'antenna una bobina I accoppiata induttivamente con la bobina II del circuito oscillante.*

Il condensatore variabile *C* consente di accordare il circuito oscillante sulla frequenza desiderata, cioè su quella della trasmittente che si desidera ricevere. Non occorre sintonizzazione dell'antenna essendo questa, come si dice in linguaggio tecnico, « *accoppiata aperiodicamente* ».

Nell'antenna possono quindi essere presenti le più diverse frequenze, corrispondenti alle onde di numerose trasmittenti. Il circuito oscillante, per effetto di risonanza, esalta una sola di queste frequenze. Abbiamo quindi, in un certo senso, un *accoppiamento leggero tra l'antenna ed il circuito*, per cui quest'ultimo non può agire in modo nocivo al funzionamento dell'antenna.

Radioricevitore a cristallo.

Osservate lo schema della fig. 34. Le oscillazioni captate dall'antenna, quindi le onde di differente lunghezza, si manifestano più o meno intensamente nel circuito d'antenna. *Queste oscillazioni vengono trasportate per accoppiamento induttivo al circuito oscillante, dove può svilupparsi però soltanto quell'onda che corrisponde alla frequenza propria del circuito oscillante.* Tutte le altre onde non possono oscillare liberamente in questo circuito, e rimangono quindi soffocate.

Fig. 34

L'onda ad alta frequenza, che ora oscilla nel circuito oscillante, passa poi al detector ad esso allacciato. È noto che il detector a cristallo raddrizza le correnti ad alta frequenza; queste passano poi nella cuffia telefonica, dove le ampiezze dei treni d'onda sono trasformate in vibrazioni sonore.

L'onda ad alta frequenza non agisce direttamente sulla membrana della cuffia, in

quanto l'inerzia di quest'ultima è troppo grande per poter seguire oscillazioni così rapide. È però noto, essendo già stato spiegato nella Dispensa N. 6, che l'onda ad alta frequenza (onda portante) è *modulata* con oscillazioni sonore applicate nel trasmettitore.

Nella cuffia agiscono quindi soltanto le oscillazioni acustiche. Un piccolo condensatore, collegato in parallelo con la cuffia, costituisce una via più facile per le correnti ad alta frequenza, cosicchè sono soltanto le basse frequenze ad attraversare la cuffia. Ciò è spiegato dal fatto che il condensatore è percorso dalle correnti alternate tanto più facilmente, quanto più elevata ne è la frequenza. La cuffia invece contiene una bobina, cioè una induttanza, e presenta pertanto una reattanza tanto maggiore, quanto più alta è la frequenza considerata.

Avete conosciuto così, per la prima volta, lo schema completo di un *radioricevitore a cristallo.* Spiegheremo in seguito in che modo il detector a cristallo venga sostituito con un tubo elettronico.

Domande

1. Da che cosa è costituito un circuito oscillante?
2. Qual è la funzione del condensatore variabile nel circuito oscillante?
3. Qual è il modo migliore per l'accoppiamento del circuito d'antenna col circuito oscillante?
4. Qual è l'onda che viene raccolta dal circuito oscillante?

ELETTROTECNICA GENERALE

La rappresentazione diagrammatica delle correnti elettriche

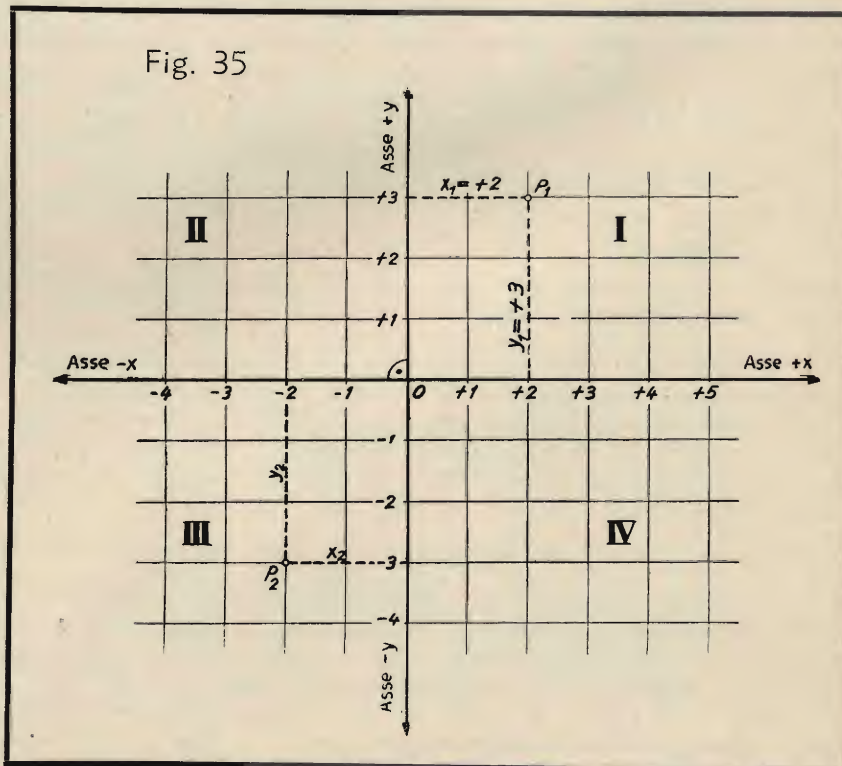
La rappresentazione grafica.

Nella Dispensa N. 5 vi abbiamo mostrato come si possa rappresentare graficamente l'andamento di una corrente alternata d'acqua. Avete certamente compreso senza difficoltà il procedimento col quale si ottiene questo cosiddetto « *diagramma* ». Nella tecnica si ama rappresentare sotto forma di curva lo svolgimento di fenomeni o di condizioni variabili, uniformemente o disformemente, col tempo. Anche nella vita quotidiana si fa spesso uso di questo metodo pratico, per esempio, tracciando la curva della febbre di un ammalato, della temperatura dell'aria, della pressione barometrica, ecc.

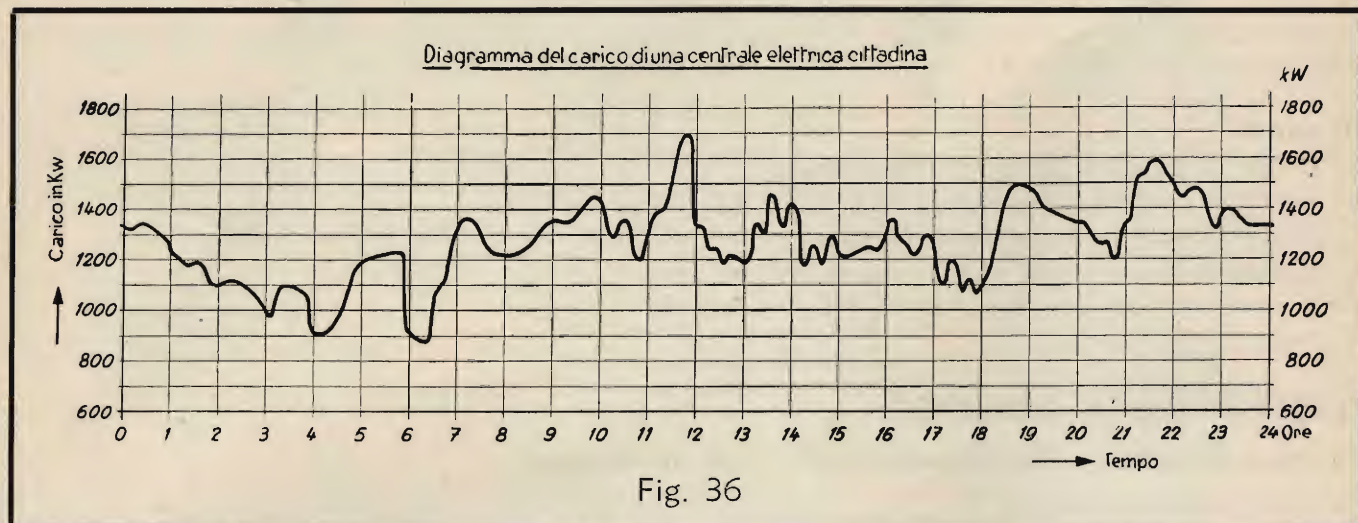
Queste *rappresentazioni grafiche*, o *diagrammi*, sono contraddistinti, di regola, da due assi perpendicolari, chiamati « *gli assi delle coordinate* » (figura 35). L'asse orizzontale si chiama « *asse delle X* » oppure «*delle ascisse* »; l'asse verticale « *asse delle Y* » o « *delle ordinate* ». Il punto d'intersezione dei due assi si chiama « *origine* » oppure « *punto di zero* ». Il piano del foglio è diviso dai due assi in quattro *quadranti*, contrassegnati con le cifre romane I, II, III e IV, nell'ordine di successione indicato nella fig. 35.

Questo modo di rappresentazione grafica si chiama « *sistema di coordinate* ».

Una *coordinata* è la distanza perpendicolare di un punto da uno degli assi. Conoscendo entrambe le coordinate, ossia le distanze dall'asse delle X e da quello delle Y, si determina l'esatta posizione di qualsiasi punto giacente nel piano considerato. Per esempio, il punto P_1 è determinato dalle coordinate $x_1 = +2$ e $y_1 = +3$, mentre P_2 è dato da $x_2 = -2$ e $y_2 = -3$.

Per tracciare qualsiasi diagramma è importante anzitutto conoscere la *scala* o *unità di misura.* Volendo, per esempio, rappresentare il carico di una centrale elettrica nel corso della giornata, si riportano ad intervalli regolari, sull'asse delle X, le ore (fig. 36). Volendo invece tracciare la curva di carico per un periodo più lungo, si sceglie come unità il giorno, il mese o addirittura l'anno.

Il valore del carico viene invece riportato sull'asse delle Y, prendendo come unità, per esempio, 100 kW. Nel diagramma della fig. 36 è stata però tralasciata la parte inferiore, poichè la curva si trova sempre tra i valori di 800 e 1700 kW. Abbiamo quindi trasportato arbitrariamente la base del diagramma all'altezza di 600 kW. La linea di zero, ossia l'asse delle X, si trova 2 cm più in basso.

Questo *diagramma di carico* della fig. 36, rilevato al principio di marzo in una centrale elettrica cittadina, presenta vari elementi interessanti:

Fig. 36

A mezzanotte (ore 0,00) il carico risulta piuttosto elevato, se si pensa che a quell'ora le fabbriche non lavorano e che anche l'illuminazione è ormai già ridotta. Il consumo è dovuto, in massima parte, agli scaldabagni elettrici, inseriti durante la notte. Fin verso le 4 del mattino si ha tuttavia una diminuzione abbastanza costante del carico, seguita da un aumento improvviso, dovuto alla messa in funzione dei forni dei panettieri e delle stufe elettriche da riscaldamento. Poco prima delle 6, caduta repentina della curva per il distacco dei carichi fruenti di speciale tariffa notturna ridotta. Dalle 6 ½ alle 7 nuova rapida salita, dovuta all'inizio del lavoro negli stabilimenti industriali, che consumano quantità ingenti di corrente. Prima di mezzogiorno la curva aumenta ulteriormente toccando la cosiddetta « *punta* », dovuta al consumo nelle cucine. L'andamento pomeridiano è abbastanza regolare; si osserva una diminuzione al termine del lavoro nelle fabbriche, e un aumento rapido dopo le 18, dovuto all'accensione delle luci e, di nuovo, alle cucine. Dopo le 21 altra punta, per l'inserzione degli scaldabagni domestici.

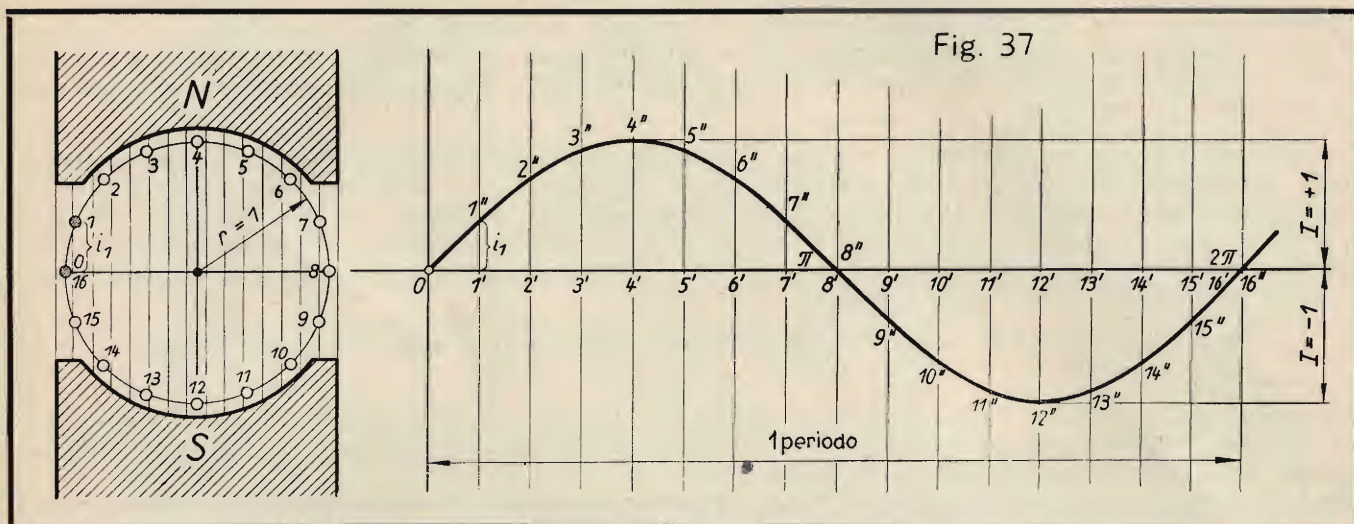
In modo analogo alla fig. 36 si rappresenta anche la produzione di energia di una centrale elettrica nel corso di un anno, oppure il consumo di un'intiera regione.

Come abbiamo già detto, si può rappresentare graficamente anche l'andamento della temperatura nel corso di un determinato periodo di tempo. Naturalmente la curva della temperatura non decorre solamente nel *campo positivo* (temperatura sopra zero), ma anche nel *campo negativo* (temperatura sotto zero). In questo caso essa passa sotto la linea di zero, ossia nel IV quadrante del sistema di coordinate. Quando tutte le grandezze da rappresentare sono positive, si tralascia la parte negativa del sistema di coordinate, utilizzando soltanto il quadrante I.

Per tracciare le rappresentazioni grafiche è assai pratica la *carta millimetrata*, che si trova in commercio.

Si tratta di fogli stampati, rigati tanto in senso orizzontale che verticale a distanza di 1 mm. Ogni 5 e 10 mm è tracciata una linea leggermente più marcata. È consigliabile scegliere la scala in modo che le unità, o dei multipli dell'unità usata, cadano sui tratti più marcati; così la lettura dei diagrammi rimane facilitata. Non bisogna poi dimenticare la numerazione degli assi. Ogni asse deve recare l'indicazione della grandezza rappresentata su di esso e dell'unità di misura usata; bisogna poi che gli assi siano marcati correttamente ad intervalli regolari. Una rappresentazione chiara e ordinata vi può risparmiare molto lavoro inutile e relative arrabbiature. Basta pensare che ogni punto di un diagramma viene ottenuto spesso al prezzo di laboriose misure, mentre una rappresentazione negligente può compromettere la giusta interpretazione del diagramma stesso e portare a risultati erronei.

La curva della corrente alternata.

Nelle Dispense precedenti abbiamo fatto uso ripetutamente della possibilità di rappresentare graficamente le grandezze elettriche. Pensate, per esempio, alla figura della corrente alternata d'acqua (Dispensa N. 5), alla descrizione del generatore magneto-elettrico (Dispensa N. 9), oppure alla rappresentazione della caratteristica dei tubi elettronici all'inizio dell'ultima Dispensa. Anche lo spostamento di fase è stato spiegato con l'aiuto delle curve di tensione e di corrente.

Per poter determinare teoricamente con esattezza e rappresentare la curva della corrente alternata, dobbiamo applicarci un poco di più alla matematica. Nella Dispensa N. 9 abbiamo potuto tracciare la curva, in quanto i valori della corrente, nelle diverse posizioni del conduttore rotante, erano noti. Servendoci ora delle nostre nuove cognizioni in fatto di trigonometria, potremo determinare il valore dell'intensità di corrente in qualsiasi posizione del conduttore.

Nella fig. 37 abbiamo disegnato a sinistra i due poli di una calamita, entro i quali un conduttore eseguisce un movimento circolare. Il principio del dispositivo vi è noto dalla Dispensa N. 9. Per il momento non ci interessa affatto di sapere dove e in che modo il conduttore prelevi la corrente; vogliamo semplicemente conoscere l'intensità di questa corrente indotta. Tra i due poli magnetici c'è un campo uniforme di linee di forza, simboleggiato nella figura da tratti paralleli. Il conduttore si muove sulla circonferenza di raggio 1. Che si tratti di 1 cm, 1 dm, oppure 1 m, non ha alcuna importanza in questo caso: esso ha semplicemente la grandezza 1.

È un metodo assai usato nei calcoli tecnici, quello di ridurre all'unità certe grandezze variabili; si possono in tal modo semplificare notevolmente molte dimostrazioni matematiche. Il cerchio col raggio 1 si chiama « *cerchio unitario* ». Esso è molto usato nel calcolo degli archi di cerchio, oppure nella trasformazione dei gradi angolari in radianti. La misura in radianti non è infatti altro che la lunghezza dell'arco del cerchio unitario compreso nell'angolo considerato.

Si fa lo stesso anche con la corrente. Poniamo così il suo valore massimo I uguale a 1. Come sapete, questo massimo è raggiunto nel momento in cui il conduttore rotante attraversa la mezzeria delle espansioni polari, poichè in quel punto esso taglia un maggior numero di linee di forza al secondo. Nel nostro diagramma possiamo pertanto rappresentare l'intensità massima di corrente con l'identica dimensione del raggio r.

E come ci si comporta con la rappresentazione del tempo? Dobbiamo forse porre uguale a 1 il tempo occorrente per una rotazione? Per determinate ragioni si preferisce, in questo caso, scegliere un altro valore. Infatti il conduttore percorre ad ogni rotazione un cammino pari alla circonferenza del cerchio unitario. È noto che la circonferenza di un cerchio è uguale a $2\,r\,\pi$. Quando il raggio è $r = 1$, otteniamo per la circonferenza $2 \cdot 1 \cdot \pi$ ossia $2\,\pi$. Pertanto per il tempo occorrente ad effettuare una rotazione completa (1 periodo) poniamo il valore $2\,\pi$.

Dopo di aver ridotto tutto alle *dimensioni unitarie*, iniziamo il tracciamento del diagramma. Da quanto abbiamo recentemente appreso, occorre prima tracciare gli assi delle coordinate. Per semplicità, come asse delle X scegliamo l'asse mediano tra i due poli, che prolunghiamo verso destra. Segniamo su quest'asse, secondo il solito, i *tempi*. Anzi, ora non ci riferiamo ai tempi, ma ai *periodi*; abbiamo così il vantaggio di poter calcolare con facilità gli angoli, poichè una rotazione completa corrisponde a 360°. Scegliamo così, per rappresentare il periodo, una lunghezza a piacimento e vi scriviamo $2\,\pi$.

Abbiamo quindi tre possibilità per riportare sull'asse delle ascisse una rotazione del conduttore: la misura in radianti ($2\,\pi$), la misura in gradi (360°) e la misura in periodi (1 periodo). Queste tre misure sono sempre proporzionali tra loro; abbiamo infatti: $\frac{1}{4}$ di periodo $= 90° = \frac{\pi}{2}$; $\frac{3}{4}$ di periodo $= 270° = \frac{3\,\pi}{2}$; $\frac{1}{2}$ periodo $= 180° = \pi$; 1 periodo $= 360° = 2\,\pi$. I valori intermedi sono facili da determinare.

L'asse delle Y viene tracciato perpendicolarmente a quello delle X; il punto d'intersezione va contrassegnato con 0. Nella vista del dispositivo, riportata a sinistra, il conduttore è disegnato in 16 differenti posizioni, contrassegnate mediante numerazione progressiva da 0 a 16. Poichè una rotazione, ossia un periodo sull'asse delle X, è contrassegnato dalla lunghezza $2\,\pi$, suddividiamo anche quest'ultima in 16 parti uguali, numerate da 0 a 16.

Ed ora cominciamo a tracciare, punto per punto, il nostro diagramma. Per il punto 0 non dobbiamo riflettere a lungo; sappiamo che in questo punto il conduttore non taglia le linee di forza, muovendosi parallelamente ad esse, e quindi non viene indotta alcuna corrente. Sul diagramma, nell'istante 0, si ha quindi, per la corrente, il valore 0: questi due valori sono rappresentati da un punto situato nell'origine, cioè all'intersezione dei due assi delle coordinate.

Per determinate ragioni consideriamo ora subito il punto 4. Qui la direzione del moto è orizzontale, essendo sempre ad angolo retto col raggio nel punto considerato. Ciò significa che in questo punto il numero delle linee di forza, tagliate nell'unità di tempo, è il massimo, poichè lo spostamento è perpendicolare alle linee di forza. La corrente indotta raggiunge qui il suo valore massimo, che riportiamo nel diagramma, tracciando una linea orizzontale dal punto 4 fino ad incontrare la verticale sopra il punto 4', determinando così il punto 4'' come massimo della curva della corrente.

In futuro designeremo con i il *valore istantaneo della corrente*, mentre il *valore massimo* viene indicato con I.

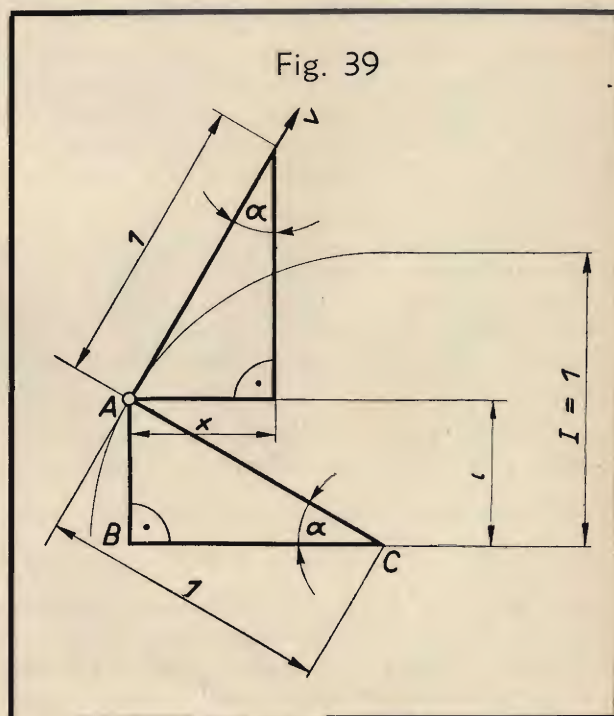
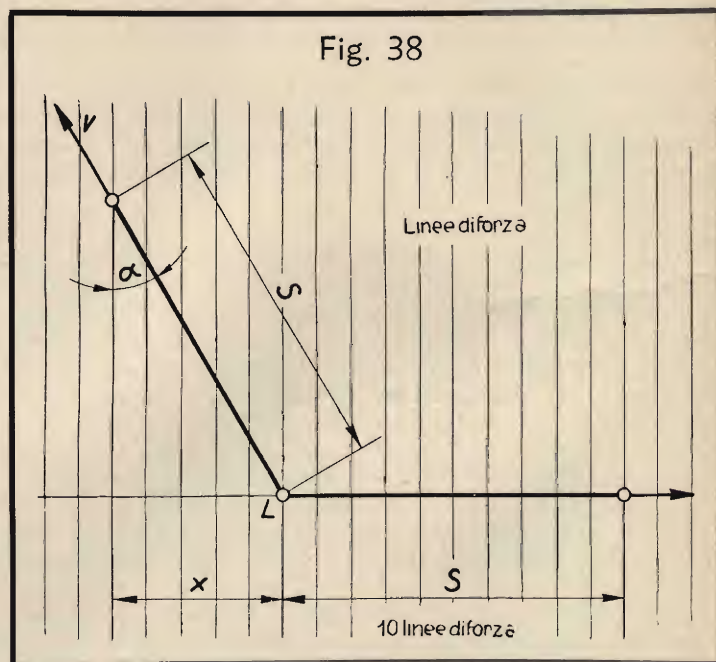
Cominciamo ora a stabilire i valori intermedi, iniziando col punto 1. Qui il conduttore taglia già qualche linea di forza, ma evidentemente solo poche. Il problema sta nel determinare quante. Ci aiuteremo in proposito con un paragone. Supponiamo che il conduttore L si sposti con velocità uniforme lungo il tratto orizzontale S, tagliando 10 linee di forza nel tempo t (fig. 38). Quando invece il conduttore si sposta nella direzione v con la medesima velocità, esso taglia nel medesimo tempo t un numero minore di linee di forza, che chiameremo x. Conoscendo l'angolo a, il numero x si determina con l'aiuto della trigonometria. La formula (35) dice che $seno = \frac{cateto\ opposto}{ipotenusa}$; ossia, secondo il disegno, $sen\ a = \frac{x}{S}$.

Essendo x l'incognita, otteniamo: $x = S \cdot sen\ a$. Se l'angolo a è uguale, per esempio, a 30°, otteniamo $x = S \cdot sen\ a = 10 \cdot 0{,}5 = 5$ linee di forza. Questo calcolo si applica al nostro problema. Osservate la fig. 39. Nell'istante in cui si trova nel punto 1, il conduttore si sposta nella direzione v che, rispetto alla mediana dei poli magnetici, è inclinata dell'angolo a. Quest'angolo è identico all'angolo a percorso dal conduttore nel movimento da 0 a 1. Pertanto il numero di linee di forza, tagliate nel movimento in questa direzione, sta al massimo come $x : 1$, o, ponendo I per il valore massimo, come $x : I$. Questa relazione non è altro che il *seno dell'angolo* a, poichè 1 o I è l'ipotenusa ed x il cateto opposto. Otteniamo quindi x, moltiplicando I per seno di a.

D'altra parte il triangolo ora considerato è uguale al triangolo A-B-C, cosa facile da controllare. Infatti le ipotenuse sono uguali, così pure i due angoli a ed inoltre i due angoli retti, dimodochè, ruotando il triangolo superiore di 90° attorno al punto A, nel senso delle lancette dell'orologio, esso viene a coincidere col triangolo ABC. Si dice che i due triangoli sono « *congruenti* ». Di conseguenza devono essere uguali anche i due cateti x ed i, e possiamo scrivere:

$$i = I \cdot sen\ a \qquad \text{Formula (39)}$$

Abbiamo trovato così una legge estremamente importante, che ci permette di determinare il *valore istantaneo i dell'intensità di corrente*, quando è noto quello massimo I.

Anche la rappresentazione grafica di questa legge è ora facile. Poichè i è sempre rappresentato dal tratto A-B (fig. 39), basta che nella fig. 37 si riportino le corrispondenti distanze del conduttore dalla mezzeria del magnete sulle perpendicolari, nei relativi punti del diagramma.

Per esempio il tratto i_1 per il punto 1 viene riportato sulla retta verticale nel punto 1', e si trova così il punto 1''. L'operazione si eseguisce molto comodamente sul tavolo da disegno tracciando delle parallele all'ascissa. I punti 1'' fino a 16'', trovati a questo modo, si uniscono con una curva e si ottiene così la caratteristica *curva della corrente alternata.* Poichè, come abbiamo visto, questa curva obbedisce alla legge del *seno*, si chiama « *sinusoidale* ».

Risposte alle domande di pag. 8

1. L'ipotenusa.
2. I due lati del triangolo si chiamano *b* e *c*; il vertice dell'angolo α è il punto *A*.
3. Il *coseno* è il rapporto tra il cateto adiacente e l'ipotenusa, quindi: *coseno* $= \dfrac{\textit{cateto adiacente}}{\textit{ipotenusa}}$
4. Questo rapporto trigonometrico si chiama *seno* dell'angolo considerato.
5. L'abbreviazione è « ctg ».

Risposte alle domande di pag. 13

1. Il circuito oscillante è costituito da una bobina e da un condensatore.
2. Il condensatore variabile serve per portare a risonanza il circuito oscillante con una data frequenza.
3. Il circuito d'antenna e quello oscillante si accoppiano preferibilmente in modo induttivo.
4. Il circuito oscillante accoglie soltanto quella determinata onda, sulla frequenza della quale è accordato.

RADIOTECNICA

Il tubo elettronico usato come amplificatore

Lo schema disegnato nella fig. 40 vi è ormai familiare: esso rappresenta il simbolo di un tubo elettronico con tre elettrodi, e cioè il *catodo* (filamento), la *griglia* e l'*anodo* (placca).

I tubi elettronici, o valvole termoioniche, di questo tipo si chiamano « *trìodi* », perchè contengono tre elettrodi. Useremo da ora in poi il termine universalmente noto di *triodo* per designare una valvola dotata di una sola griglia.

Studiando la Dispensa N. 9 vi sarete accorti che esistono due simboli diversi per rappresentare un tubo elettronico: uno di forma allungata, l'altro circolare come quello della figura qui accanto. I due simboli sono perfettamente equivalenti; oggi si preferisce sempre di più quello circolare e noi ci atterremo in futuro ad esso.

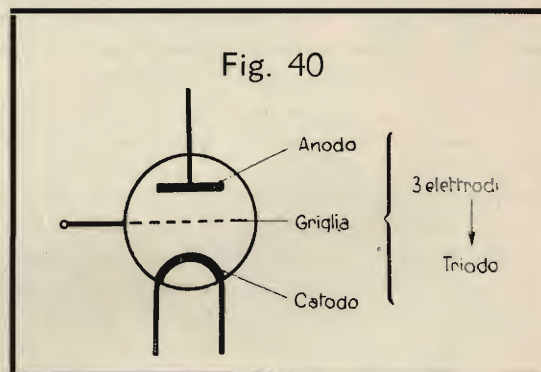
Nelle Dispense N. 9 e 10 vi abbiamo già detto tante cose sulle valvole, che è ormai tempo però di spiegarvi finalmente a che cosa esse servono.

Dal titolo di questo Capitolo avrete già compreso che i tubi elettronici servono come *amplificatori.* Dallo stesso titolo si capisce però che essi devono servire pure ad altri scopi. Ed infatti nelle Dispense successive conoscerete l'impiego dei tubi elettronici come *modulatori, demodulatori, raddrizzatori, ecc.* La loro applicazione più frequente è però quella di *amplificatori.*

Ma che cosa si amplifica mediante la valvola termoionica? Ve lo spiegheremo con tre esempi: *una stazione di radiodiffusione, un apparecchio radioricevente* e *un amplificatore per grammofono.*

Stazione radio: Ricordate quanto vi abbiamo spiegato nella Dispensa N. 1, trattando della *trasmissione* e della *ricezione.* Nello studio di trasmissione sono disposti uno o più microfoni, destinati a raccogliere le vibrazioni sonore emesse, p. es., dall'annunciatore, da un pianista o da un'intiera orchestra. Si potrebbe dire che i microfoni sono le *orecchie* della stazione radio. Nella Dispensa N. 3, avete già conosciuto alcune specie di microfoni e sapete quindi che il compito di ogni microfono consiste nel trasformare le onde sonore in *correnti elettriche* (oppure, in altri tipi di microfoni dei quali parleremo in seguito, in *tensioni elettriche*). È facile comprendere che queste correnti o tensioni sono minuscole. Se si confronta la potenza microfonica (ossia il prodotto della tensione generata nel microfono con la corrente in esso circolante) con la potenza di trasmissione, sapendo che la prima è molto minore di 1 watt, mentre la seconda si aggira, in una stazione normale, sui 100-150 kW, si capisce che tra il microfono e l'antenna trasmittente devono avvenire varie trasformazioni. Queste avvengono appunto ad opera di numerose valvole termoioniche incaricate di *amplificare* le deboli correnti e tensioni microfoniche, trasformandole in correnti e tensioni più forti.

Apparecchio radio: Le onde ed i segnali emessi dalla stazione trasmittente diventano naturalmente sempre più deboli man mano che si allontanano, finchè incontrano l'antenna della nostra radio. Noi vogliamo però usufruire di una buona ricezione e dobbiamo perciò alimentare l'altoparlante con una potenza di alcuni watt o anche di alcune decine di watt, secondo la distanza alla quale ci troviamo dall'altoparlante. Le valvole della nostra radio hanno quindi il compito di amplificare le

deboli oscillazioni raccolte dall'antenna ricevente, al punto che il prodotto della tensione, applicata alla bobina mobile dell'altoparlante e della corrente in essa circolante, ammonti a qualche watt. (Vi consigliamo di ripetere mentalmente quanto vi abbiamo insegnato nella Dispensa N. 8 sugli altoparlanti).

Amplificatore per corrente: Dopo aver conosciuto, all'inizio della presente Dispensa, i rivelatori fonografici, sapete che le deboli correnti e tensioni generate da questi devono essere rinforzate per poter essere udite nell'altoparlante. Ciò avviene per mezzo di un amplificatore, che trasforma la potenza erogata dal rivelatore fonografico (una piccola frazione di watt) nella potenza dell'altoparlante, di alcuni watt.

Concludendo:

Il tubo elettronico usato come amplificatore (chiamato in questo caso anche « *tubo amplificatore* » o « *valvola amplificatrice* ») *ha lo scopo di amplificare, cioè di rinforzare deboli correnti e tensioni elettriche. Nella quasi totalità dei casi e soprattutto in radiotecnica si tratta esclusivamente di correnti e tensioni alternate. L'amplificazione di correnti continue occorre solamente nella tecnica delle misure e delle regolazioni automatiche.*

Il funzionamento di una valvola amplificatrice.

Osservate lo schema della fig. 41. La sorgente di tensione, e cioè il *microfono* o *il rivelatore fonografico* o simile, rappresentato schematicamente sotto forma di un rettangolo, è allacciato tra la griglia ed il catodo del triodo. Si vedono inoltre la *batteria di accensione* B_f e la batteria anodica B_a, rappresentate qui col simbolo esatto, che avete conosciuto fin dalla Dispensa N. 1.

La tensione alternata V_g erogata dalla sorgente perviene alla griglia G; questa è assoggettata pertanto ad una continua variazione di tensione, per cui ad un valore positivo segue un valore negativo, e così via.

Nella fig. 42 è rappresentata la caratteristica della corrente anodica in funzione della tensione di griglia, ossia la caratteristica I_a — V_g, come si dice più brevemente. Nella parte inferiore del disegno è riportata la tensione alternata che viene addotta alla griglia. Se alla placca della valvola è applicata una tensione anodica continua e costante, il dispositivo funziona come segue. Supponiamo che nel primo istante la tensione alternata applicata alla griglia abbia il valore zero (punto A della curva inferiore nella fig. 42). Alla tensione di griglia zero corrisponde però una corrente anodica di 11 mA, come si rileva dalla caratteristica. Un momento più tardi, nell'istante B, la griglia è assoggettata ad una tensione positiva, che supponiamo uguale a + 2V.

Con la tensione di griglia di + 2V si ha una corrente di placca di 12 mA; anche questo si rileva dalla caratteristica. In seguito la tensione alternata ritorna a zero (punto C) e si hanno nuovamente 11 mA di corrente anodica.

Nell'istante D è applicata alla griglia una tensione negativa di — 2 volt; ad essa corrisponde la corrente anodica di 9 mA. Il giuoco continua così e si vede pertanto che, a causa delle variazioni della tensione di griglia, si ottiene nel circuito anodico una corrente, che non è più costante, variando continuamente d'intensità. Abbiamo visto che il valore della corrente di placca, per variazioni della tensione di griglia da — 2 a + 2 V, oscilla tra 9 e 12 mA.

Così, come abbiamo rappresentato l'andamento della tensione alternata applicata alla griglia, possiamo anche tracciare una curva che esprima l'andamento corrispondente della corrente anodica. Essa è riportata nella fig. 42, in alto, a destra. Da questa curva risulta chiaramente che la corrente ano-

dica oscilla tra 9 e 12 mA. Se la griglia avesse sempre la tensione zero, circolerebbe continuamente una corrente anodica costante di 11 mA.

In seguito alle variazioni della tensione di griglia, la corrente anodica diventa invece ora maggiore, ora minore di 11 mA.

(Facciamo osservare nuovamente che, nelle rappresentazioni separate della corrente anodica e della tensione di griglia, le divisioni corrispondenti al tempo sono uguali tra loro e sono riportate per I_a verso destra, per V_g verso il basso).

La tensione alternata di griglia trasforma quindi la corrente anodica costante in una *corrente pulsante*.

Le variazioni relativamente forti della corrente anodica consentono di ottenere molti effetti, impossibili con le minuscole oscillazioni di corrente o di tensione provocate dal rivelatore fonografico, oppure dal microfono. Avete così conosciuto i fondamenti dell'amplificazione elettronica.

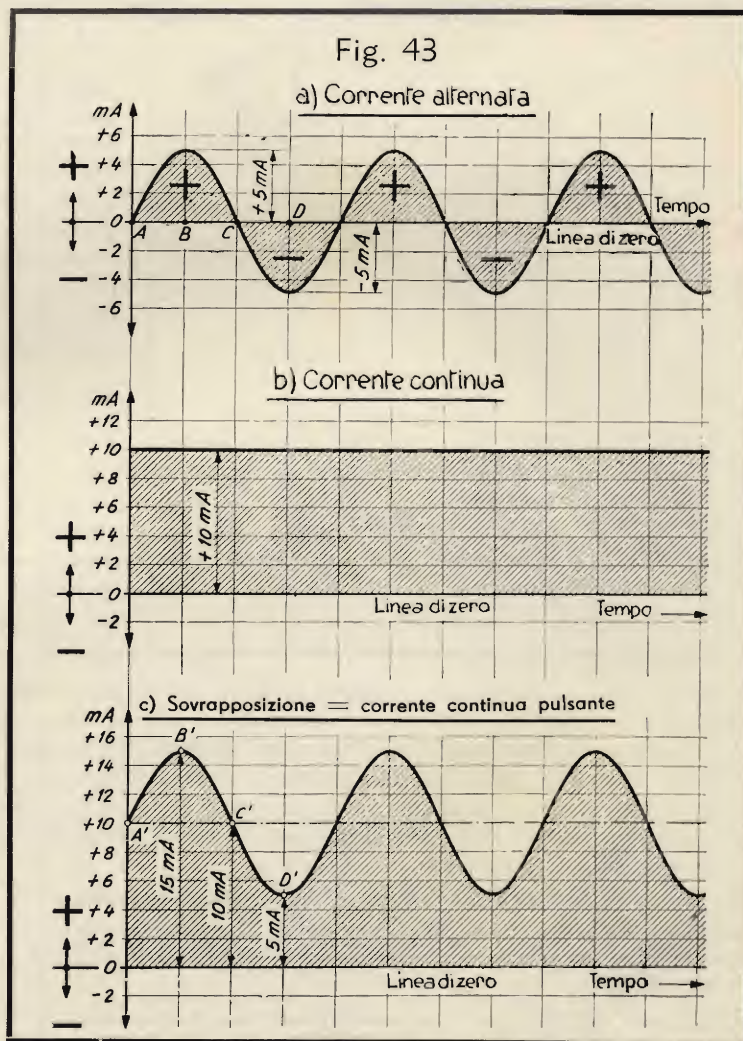
Amplificazione « fedele ».

Se osservate attentamente la curva della corrente alternata, in alto, a destra, nella fig. 42, noterete che le semionde positive sono più piccole delle semionde negative. Infatti il valore massimo dell'oscillazione in senso positivo equivale a 1 mA, mentre quello in senso negativo è uguale a 2 mA. La curva della corrente alternata generata dalla valvola non corrisponde quindi *fedelmente* alla curva della tensione alternata applicata alla griglia, poichè la forma delle due curve non è identica. Si dice che la curva della corrente alternata di placca è « *distorta* ». Riflettiamo ora che cosa si potrebbe fare per evitare queste spiacevoli distorsioni; dobbiamo far sì che le semionde positive e negative della corrente anodica corrispondano perfettamente, nella forma, alle semionde positive e negative della tensione alternata di griglia.

Dobbiamo però prima inserire una spiegazione importante, affinchè possiate comprendere bene i fenomeni che vi descriviamo. Abbiamo parlato infatti dapprima di corrente *pulsante* nel circuito anodico, e dopo di corrente anodica *alternata*. Parrebbe che fossimo incorsi in una contraddizione, ma vi daremo subito l'opportuno chiarimento.

Quando una corrente alternata ed una corrente continua s'incontrano, cioè, per esempio, quando fluiscono nella medesima linea, le due correnti si *sovrappongono*. Supponiamo che in un circuito passi una corrente alternata, corrispondente per forma ed ampiezza alla curva della fig. 43-a. Nel medesimo circuito passa però anche una corrente continua rappresentata dal diagramma della fig. 43-b. Qual è il risultato della sovrapposizione delle due correnti? Qual è la intensità della corrente risultante in ogni singolo istante? La risposta è facile, poichè per sovrapporre le due correnti basta *sommare* le loro intensità istantanee. Si ottiene così il diagramma della fig. 43-c, che non è altro che una *corrente pulsante*.

La *corrente pulsante* si forma nel seguente modo: nell'istante *A* la corrente alternata della figura 43-a ha l'intensità 0 mA; nel medesimo istante la corrente continua della fig. 43-b ha il valore 10 mA. 10 mA più 0 mA fanno 10 mA; segniamo quindi in *A'* il primo punto della curva risultante (fig. 43-c). Nell'istante *B* la corrente alternata ha l'intensità di + 5 mA, la continua + 10 mA; + 10 mA + 5 mA fanno + 15 mA.

Troviamo così un secondo punto della curva in *B'*. Nell'istante *C* la corrente alternata è nuovamente 0; la continua ha sempre il medesimo valore di 10 mA; troviamo così un terzo punto della curva in *C'* (10 mA). Nell'istante *D* la corrente alternata ha l'intensità di — 5 mA; di conseguenza si ottiene per la curva risultante il valore + 10 mA — 5 mA, ossia 5 mA, che segniamo nel punto *D'* e così via. Collegando infine i vari punti con una curva otteniamo il diagramma della *corrente alternata sovrapposta alla corrente continua*. Viceversa, presentandosi una curva analoga a quella della fig. 43-c, possiamo dire che essa è costituita dalla sovrapposizione di una corrente continua e di una corrente alternata. Per questa ragione è anche possibile separare le due correnti.

Torniamo ora alla fig. 42. Dopo aver visto quanto sia facile sovrapporre correnti continue ed alternate nella medesima linea, possiamo ora comprendere facilmente il significato della corrente anodica erogata dal nostro triodo. Come vedete l'andamento è simile alla curva della fig. 43-c; si tratta quindi della sovrapposizione di una corrente continua e di una corrente alternata. La corrente continua in questione si chiama « *corrente anodica di riposo* ».

Si tratta infatti dell'intensità di corrente, che circola nel circuito anodico quando la valvola è in riposo, ossia quando non è applicata alla griglia alcuna tensione alternata. La valvola infatti non è *in riposo* soltanto quando si trova presso il commerciante di articoli radio, ben imballata, in attesa di essere acquistata da qualcuno. Essa è da considerarsi *in riposo*, finchè non compie il suo specifico lavoro, che consiste nell'amplificazione delle correnti alternate.

La corrente anodica di riposo potrebbe essere indicata nella fig. 42, tracciando una retta orizzontale dal punto 11 mA verso destra. Come si fa invece a tracciare la curva della corrente alternata? Avete osservato che la nostra curva I_a si ottiene dalla curva v_g, come se questa venisse rispecchiata dalla caratteristica della valvola? Questa scoperta vi permetterà di tracciare con facilità la curva della corrente anodica, ottenuta per qualsiasi tensione alternata di griglia. Basta scegliere alcuni punti sulla curva della tensione di griglia, tracciare delle rette verticali verso l'alto fino ad incontrare la caratteristica, e dai punti d'intersezione tirare delle rette orizzontali verso destra. Bisogna poi stabilire la corrispondenza nel tempo tra i vari punti delle due curve, basandosi su alcune riflessioni, che potete desumere dalla fig. 42 (ripetuta sulla pagina seguente) e dalla tabella sottostante.

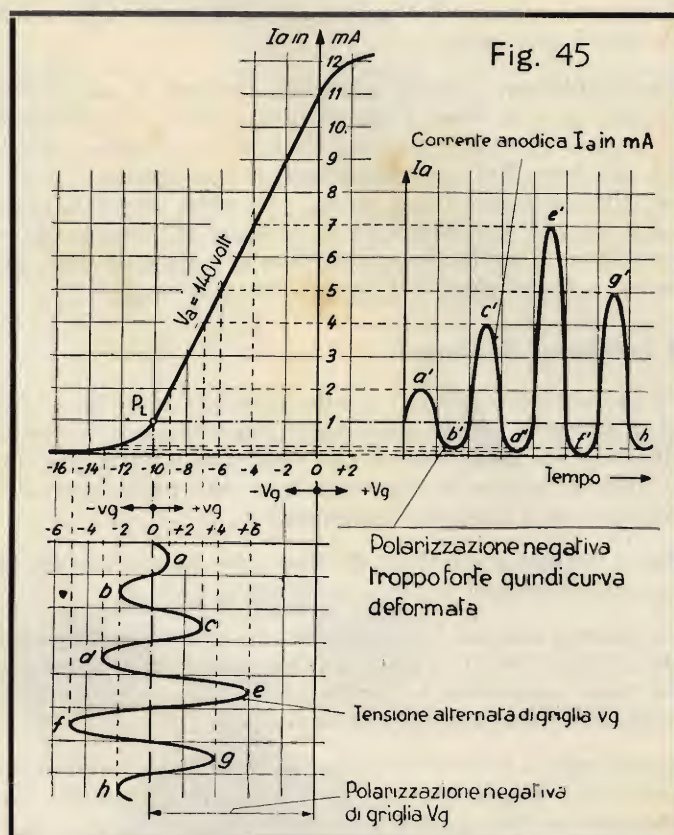
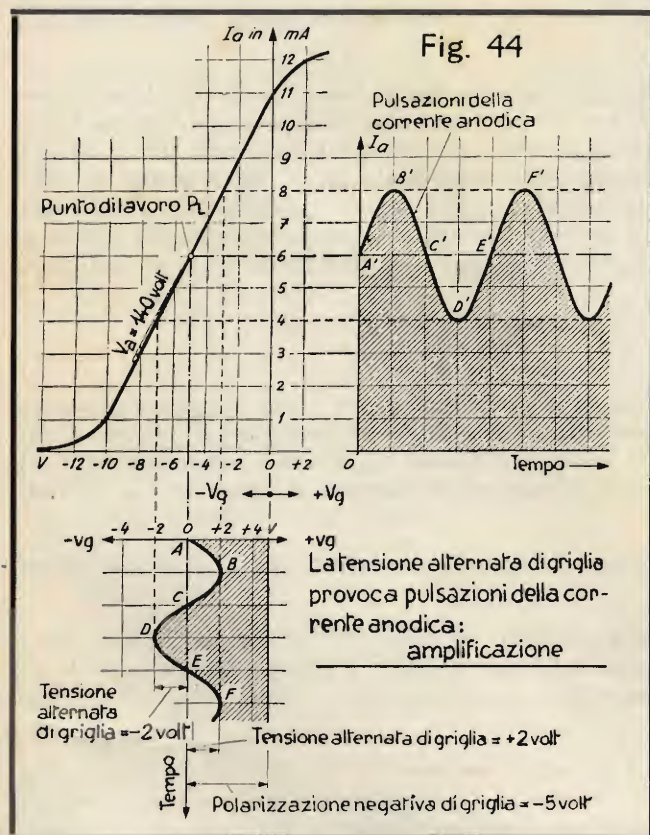
Punto sulla curva v_g		Punto sulla curva I_a		Tempo in periodi	Osservazioni
A	0 V	*A'*	11 mA	0	Siete liberi di scegliere il punto della curva v_g e I_a corrispondente all'istante 0.
B	+ 2 V	*B'*	12 mA	$\frac{1}{4}$	v_g e I_a raggiungono il massimo dopo $\frac{1}{4}$ di periodo. Se nel vostro disegno per v_g 10 mm corrispondono ad $\frac{1}{4}$ di periodo sull'asse dei tempi, potete scegliere la medesima distanza sull'asse dei tempi anche per I_a (nella nostra fig. 42 abbiamo scelto in entrambi i casi 5 mm). Potete però scegliere a piacimento anche un'altra unità, p. es., 3 mm (allora la curva per I_a risulterà tutta compressa), oppure 25 mm (allora la curva per I_a risulterà allargata).
C	0 V	*C'*	11 mA	$\frac{1}{2}$	Ora dovete però badare di mantenere sempre la stessa suddivisione dell'asse dei tempi. Se avete scelto 25 mm per rappresentare un $\frac{1}{4}$ di periodo, siete ora a 50 mm di distanza dal punto 0.
D	— 2 V	*D'*	9 mA	$\frac{3}{4}$	Distanza sull'asse dei tempi per I_a: 75 mm. Verticalmente sopra questo punto deve stare il punto *D'*.
E	0 V	*E'*	11 mA	1/1	Distanza sull'asse dei tempi per I_a: 100 mm. Al di sopra di questo punto c'è *E'*.

Abbiamo già constatato che la curva di I_a è fortemente deformata. Rifacendoci ancora al paragone dello specchio, pensiamo subito agli specchi concavi e convessi. Avete già osservato tutti, con divertimento, come tali specchi riflettano le immagini completamente deformate. Quando invece lo specchio è una superficie piana, esso riflette le immagini tali e quali come sono, ossia fedelmente. Anche qui è la medesima cosa. Se spostiamo l'asse dei tempi per v_g, e con esso la stessa curva di v_g, verso sinistra, in modo che essa si *rispecchi* esclusivamente nel tratto rettilineo della caratteristica, allora la curva di I_a risulta riprodotta con assoluta fedeltà. La fig. 44 ve lo dimostra chiaramente.

Ma che cosa significa « *spostare v_g verso sinistra* »? Significa che alla griglia della valvola è stata applicata una polarizzazione negativa, già citata nella Dispensa N. 10. A questa tensione di polarizzazione si aggiunge o si sottrae la tensione alternata di griglia, conformemente alla legge di sovrapposizione che vi abbiamo spiegato con l'aiuto della fig. 43.

Giungiamo quindi alle conclusioni tratte da queste osservazioni:

> *Affinchè l'amplificazione risulti priva di distorsioni, occorre utilizzare il tratto lineare (ossia rettilineo) della caratteristica; il punto di lavoro della valvola dev'essere quindi stabilito in tale tratto.*

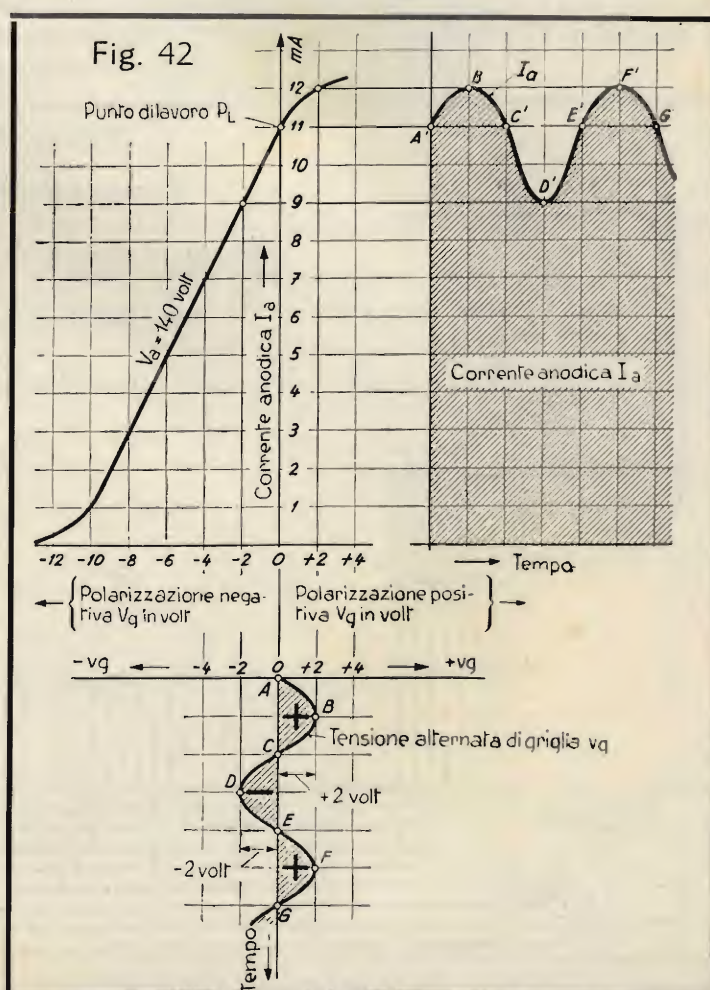
Ciò è stato fatto nella fig. 44, applicando alla griglia della valvola una polarizzazione negativa V_g = — 5 volt.

Il metodo che vi abbiamo spiegato, per ricavare dal diagramma della tensione alternata di griglia e dalla caratteristica I_a — V_g la curva della corrente anodica, può essere applicato in qualsiasi caso. Provate, per esempio, a procedere com'è indicato nella fig. 45. La tensione alternata di griglia che, contrariamente alla fig. 44, non è ora più sinusoidale, viene riprodotta fedelmente nel tratto lineare della caratteristica, mentre risulta distorta nel tratto non lineare, cioè curvo. Nella fig. 45 la polarizzazione di griglia V_g è stata scelta a bella posta, in modo che la tensione alternata di griglia lavori fino al ginocchio inferiore della caratteristica.

Come vedete, la distorsione della corrente anodica si presenta, quando si lavora tanto nel ginocchio superiore quanto nel ginocchio inferiore della caratteristica, e quindi tanto con le polarizzazioni *troppo positive* come con quelle *troppo negative*.

Domande

1. Che cos'è un *triodo*?

2. Qual è l'effetto sulla corrente anodica di una piccola tensione alternata applicata alla griglia? Qual è il metodo per determinare graficamente l'andamento della corrente anodica?

3. Quale condizione va rispettata per ottenere una amplificazione senza distorsioni (fedele)?

TELEFONIA

Dopo aver conosciuto i principali apparecchi della telefonia, dovete ora sapere in che modo vengano collegati fra loro i vari utenti.

Finora abbiamo trattato solamente dei casi in cui c'erano due soli apparecchi telefonici, collegati direttamente tra loro da una linea. Ciascun utente chiama direttamente il suo compagno e può parlare soltanto con lui. Quando vi sono parecchie stazioni telefoniche, occorre un dispositivo speciale che permetta ai singoli utenti di parlare tra loro. Nel caso più semplice il problema si può risolvere rudimentalmente nel seguente modo: si allaccia, alla medesima linea, p. es., una terza stazione, presso la seconda, e ci si mette d'accordo per la chiamata, nel senso che per chiamare la stazione II bisogna, p. es., « *suonare due volte* », per la stazione III « *suonare tre volte* ». È ovvio che questo sistema è da escludere, non appena il numero delle stazioni aumenti un poco, anche a prescindere dai molti altri svantaggi.

Il selettore di linea

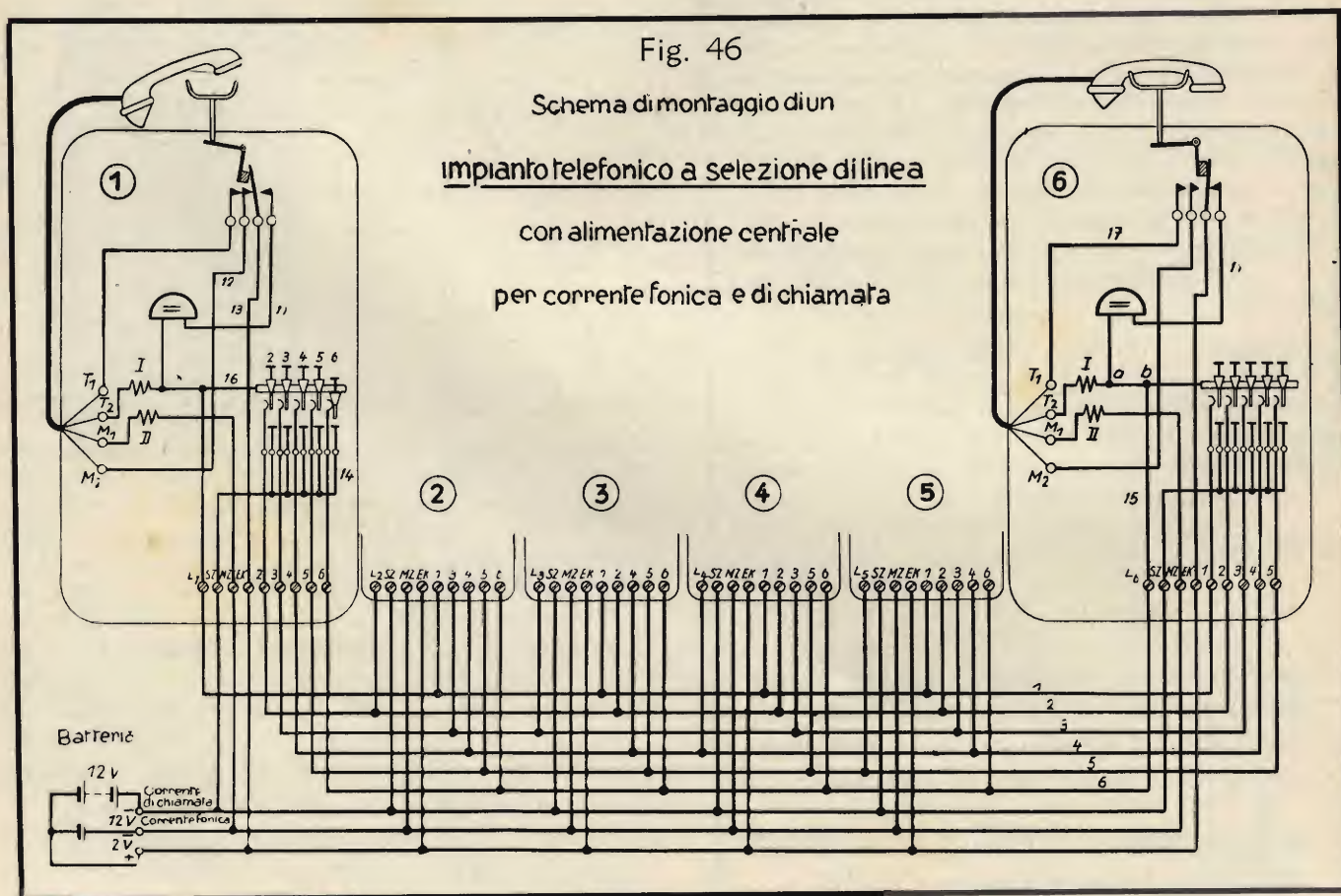
Un sistema già migliore è quello del *selettore di linea.* Negl'impianti di questo genere viene distesa un'apposita linea per ogni utente allacciato, linea che tocca *ciascuno degli altri utenti.* Serve a questo scopo un cavo multiplo (cioè con molte linee), che vien fatto passare per tutte le stazioni. Ciascun apparecchio telefonico è dotato di *appositi organi di commutazione,* che permettono all'utente chiamante di mettersi direttamente in comunicazione con la stazione desiderata.

Questi sistemi a selezione di linea sono in uso ancora oggi con vantaggio; sono adatti soprattutto *per piccoli impianti telefonici interni.*

Osserviamo assieme lo schema del collegamento di 6 stazioni a selezione di linea (fig. 46). Come vedete abbiamo abbandonato il nostro solito sistema di rappresentazione, usando un cosiddetto « *schema di montaggio* », come viene generalmente fornito dalla ditta costruttrice assieme alle apparecchiature. Abbiamo però aggiunto anche lo schema interno di due stazioni.

Avrete notato inoltre che tutte le stazioni sono allacciate ad un'unica batteria che fornisce 12 V per la chiamata e 2 V per il circuito telefonico. Per queste due diverse correnti e la linea di ritorno comune occorrono pertanto tre fili. Aggiungendo le 6 linee di collegamento, abbiamo complessivamente 9 fili.

Seguiamo ora il circuito. Quando si solleva il ricevitore della stazione 1 il commutatore a forcella interrompe il conduttore 11 adducente alla suoneria. Contemporaneamente il microfono viene collegato alla tensione d'ali-

mentazione. Seguite il circuito: *Forcella — conduttore 12 — M_2 — microfono — M_1 — bobina II* (come vedete, abbiamo inserzione indiretta) — *M_z — polo negativo della batteria telefonica — polo positivo — EK — conduttore 13 — ritorno alla forcella.*

Desideriamo ora collegarci con l'utente 6. Premiamo a questo scopo il pulsante 6 a fondo, più in giù di quanto è disegnato nella figura. In seguito a questa manovra la suoneria della stazione 6 viene collegata alla batteria di chiamata attraverso il seguente circuito: *Pulsante 6* (stazione 1) — *conduttore 14 — SZ — polo negativo della batteria 12 V — polo positivo — EK nella stazione 6 — forcella — conduttore 11 — suoneria — punti a, b, — conduttore 15 — L 6 — morsetto 6 della stazione 1 — pulsante 6.* Squilla quindi la suoneria della stazione 6. Abbandonando il pulsante 6, esso rimane trattenuto in una posizione intermedia, per cui il conduttore 16 resta collegato al morsetto 6. Quando l'utente 6 solleva il ricevitore, provoca le seguenti commutazioni: 1°) apre il circuito della suoneria; 2° allaccia il microfono alla tensione d'alimentazione; 3°) stabilisce il circuito telefonico con la stazione 1. Quest'ultimo si svolge lungo il seguente percorso: *Forcella della stazione 6 — conduttore 17 — T_1 — ricevitore — T_2 — bobina I — punto b — conduttore 15 — morsetto L 6 — morsetto 6 della stazione 1 — pulsante 6 — conduttore 16 — bobina I — T_2 — ricevitore — T_1 — forcella — conduttore 13 — EK — EK della stazione 6 — forcella.*

Per il ritorno si utilizza quindi il polo positivo della batteria. Il circuito microfonico di ciascuna stazione è allacciato per conto proprio alla batteria microfonica da 2 V. La corrente fonica passa dal circuito microfonico alla linea per mezzo della bobina d'induzione. Essa attraversa entrambi i ricevitori, realizzando il collegamento (vedasi Dispensa N. 9, Inserzione indiretta).

Fig. 47

Riappesi i due ricevitori, tutto ritorna nella posizione iniziale; anche il pulsante 6 viene sbloccato e scatta in su (il dispositivo non è rappresentato nella fig. 46).

Nella fig. 47 è visibile un apparecchio a selezione di linea della ditta Hasler di Berna, dotato di 10 pulsanti.

È ovvio che il sistema a selezione di linea non si possa ampliare a piacimento. In pratica si giunge al massimo ad *impianti con 20 stazioni.* Un inconveniente è costituito dal gran numero di conduttori, che aumentano il costo delle linee, rendendolo eccessivo nel caso di grandi distanze.

Per queste ragioni si pensò presto a risolvere il problema per mezzo di *centrali telefoniche,* alle quali ciascun utente è allacciato con una linea a due fili. Il collegamento degli utenti viene attuato in centrale dall'apposito personale, oppure per mezzo di automatismi. Nella prossima Dispensa tratteremo dapprima delle centrali manuali, in modo da avere una veduta della questione nel suo complesso.

RADIOTECNICA

Il calcolo dei circuiti oscillanti

Un circuito oscillante è costituito da una capacità e da un'induttanza, ossia da un condensatore e da una bobina. Il condensatore ha una reattanza capacitiva, la bobina una reattanza induttiva. Il valore di queste reattanze determina la lunghezza d'onda e quindi la frequenza con la quale il circuito è accordato.

La formula di Thomson.

Un circuito oscillante è accordato, ossia si trova in risonanza con una determinata frequenza, quando la reattanza induttiva della bobina a questa frequenza è esattamente uguale alla reattanza capacitiva del condensatore.

La frequenza in questione si chiama « *frequenza propria* » del circuito. Questa *condizione per la risonanza* si esprime brevemente con la seguente formula:

$$R_{ind} = R_{cap}$$

ossia

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Trasformiamo la formula moltiplicando entrambi i membri per $\omega \cdot C$, ed otteniamo: $\omega L \cdot \omega C = 1$, ossia $\omega^2 \cdot L \cdot C = 1$.

Questa equazione ci permette di determinare la frequenza propria del circuito oscillante. Si ottiene infatti:

$$\omega^2 = \frac{1}{L \cdot C}; \text{ ossia: } \omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}} .$$

Tenendo presente che $\omega = 2 \pi f$ e quindi $f = \frac{\omega}{2 \pi}$, otteniamo per la frequenza propria:

$$f = \frac{\omega}{2 \pi} = \frac{\sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}}{2 \pi}$$

Secondo le regole per il calcolo con le radici, l'espressione $\sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$ si può trasformare nella seguente:

$\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{L \cdot C}}$. (Controllate quest'asserzione con un esempio numerico: vedrete che entrambe le espressioni danno il medesimo risultato). Possiamo scrivere quindi:

$$f = \frac{\omega}{2 \pi} = \frac{\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{L \cdot C}}}{2 \pi} = \frac{\sqrt{1}}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Com'è noto $\sqrt{1} = 1$, per cui otteniamo finalmente:

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{(Hz)}$$

Formula (40)

Questa è la cosiddetta « *formula oscillatoria di Thomson* ». Si badi che l'induttanza L va introdotta, nella formula, espressa in *henry*, e la capacità C espressa in *farad*; si ottiene allora la frequenza in *hertz*.

La lunghezza d'onda.

Ricorderete che la frequenza di un'onda si ricava dividendo la velocità dell'onda (espressa in metri al secondo) per la sua lunghezza (espressa in metri). Poichè la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche è uguale a $3 \cdot 10^8$ metri al secondo, otteniamo per f il seguente valore:

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{\text{lunghezza d'onda } \lambda}$$

Da questa formula si ricava la lunghezza d'onda λ (leggi « lambda »):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \quad \text{(m)}$$

Inserendo il valore precedentemente trovato per f, abbiamo

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}, \text{ ossia}$$

Lunghezza d'onda

$$\lambda = 6 \pi \cdot 10^8 \sqrt{L \cdot C} \quad \text{(m)}$$

Formula (41)

I circuiti oscillanti elettrici usati in pratica negli apparecchi radio, per esempio, come circuiti di sintonia, sono costituiti da una bobina fissa, dotata cioè di un'induttanza invariabile, e da un condensatore variabile, la cui capacità può essere regolata entro determinati limiti, p. es., fra un minimo di 45 pF ed un massimo di 550 pF.

Calcoliamo, per una volta, un *esempio*: Su quale frequenza è accordato un circuito oscillante, la cui bobina possiede un'induttanza di 200 μH, ed il cui condensatore variabile è stato regolato sulla capacità di 250 pF? I valori dati sono dunque:

$$L = 200 \,\mu H = 200 \cdot 10^{-6} \text{ H} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ H}$$
$$C = 250 \text{ pF} = 250 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 2{,}5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

Applicando la formula (41) otteniamo:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6\,\pi\,.\,10^8\,\sqrt{L\,.\,C}\\ &= 6\,\pi\,.\,10^8\,\sqrt{2\,.\,10^{-4}\,.\,2{,}5\,.\,10^{-10}}\\ &= 6\,\pi\,.\,10^8\,\sqrt{5\,.\,10^{-14}}\\ &= 6\,\pi\,.\,10^8\,.\,10^{-7}\,.\,\sqrt{5}\\ &= 60\,\pi\,.\,\sqrt{5} = 421{,}5\\ \lambda &= \mathit{421{,}5\ m}\end{aligned}$$

Regolando il condensatore variabile su una capacità maggiore, si ottiene la risonanza con un'onda più lunga; regolandolo su una capacità minore, si ottiene quella con un'onda più corta.

La gamma d'onda.

Vi chiederete ora se, con una semplice apparecchiatura ricevente, sia possibile sentire tutte le onde captate dall'antenna, siano corte, medie o lunghe. A tale domanda bisogna rispondere negativamente. Un circuito di questo genere permette di ricevere soltanto le onde di una determinata gamma. È vero che il condensatore variabile permette di scegliere numerose lunghezze d'onda, ma sempre soltanto entro i limiti di una certa gamma stabilita dalla *grandezza della bobina.*

Con una bobina da 200 μH = 0,2 mH = $0{,}2\,.\,10^{-3}$ H d'induttanza ed un condensatore della capacità massima di 550 pF si può coprire un campo di onde medie. Supposto che la capacità del condensatore possa essere variata tra 50 e 550 pF, è facile calcolare l'estensione della gamma. Avete testè appreso, infatti, la formula adatta allo scopo. Per la capacità minima di 50 pF = $50\,.\,10^{-12}$ F si ottiene:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6\,\pi\,.\,10^8\,\sqrt{50\,.\,10^{-12}\,.\,0{,}2\,.\,10^{-3}} = 6\,\pi\,.\,10^8\,\sqrt{10^{-14}}\\ &= 6\,\pi\,.\,10^8\,.\,10^{-7} = 60\,\pi = \mathit{188{,}5\ m}\end{aligned}$$

188,5 m è la minima lunghezza d'onda della gamma. Per la capacità massima di $550\,.\,10^{-12}$ F si ottiene:

$$\begin{aligned}\lambda &= 6\,\pi\,.\,10^8\,.\,\sqrt{550\,.\,10^{-12}\,.\,0{,}2\,.\,10^{-3}}\\ &= 6\,\pi\,.\,10^8\,.\,10^{-7}\,.\,\sqrt{11} = \mathit{624\ m}\end{aligned}$$

624 m è la massima lunghezza d'onda della gamma. Con una bobina dell'induttanza di 0,2 mH ed un condensatore variabile della capacità massima di 550 pF è quindi possibile ricevere la maggior parte delle onde medie.

Il cambio della gamma d'onda.

Fig. 48

Volendo ricevere anche onde più lunghe, bisogna sostituire la bobina dapprima usata con un'altra, dotata di un maggior numero di spire e quindi di un'induttanza maggiore. Nei vecchi apparecchi si potevano effettivamente cambiare le bobine, che erano dotate di una spina con la quale s'innestavano nell'apparecchio. Nei ricevitori moderni esiste invece un commutatore di gamma d'onda. Si può procedere, per esempio, com'è indicato nella fig. 48, prevedendo un interruttore che cortocircuiti una parte della bobina. Quando l'interruttore è chiuso, si riceve una gamma d'onde più corte; quando è aperto, si ricevono le onde più lunghe, perchè l'induttanza è maggiore.

Per poter ricevere l'onda lunga 2000 m occorre una bobina dotata di un'induttanza che possiamo calcolare con l'aiuto della formula (41). Facciamo questo calcolo, benchè in pratica i valori che interessano vengano sempre desunti da apposite tabelle e nomogrammi. In questo caso l'incognita non è λ, bensì L e dobbiamo quindi trasformare la formula (41):

$$\lambda = 6\,\pi\,.\,10^8\,.\,\sqrt{L\,.\,C}$$

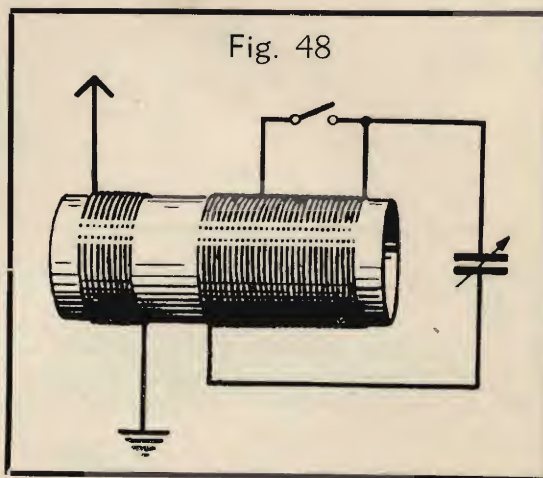
Per eliminare la radice, eleviamo entrambi i membri al quadrato, ottenendo

$$\lambda^2 = 36\,\pi^2\,.\,10^{16}\,.\,L\,.\,C$$

Risolvere l'equazione per L è ora facile:

$$L = \frac{\lambda^2}{36\,\pi^2\,.\,10^{16}\,.\,C}$$

In questa formula dobbiamo inserire per λ il valore di 2000 m, ossia $2\,.\,10^3$, e per C, 550 pF, ossia $550\,.\,10^{-12}$ F; otteniamo quindi:

$$L = \frac{4\,.\,10^6}{36\,\pi^2\,.\,10^{16}\,.\,550\,.\,10^{-12}}$$

π^2 può essere sostituito con buona approssimazione da 10, e semplificando le potenze decadiche si ottiene:

$$L = \frac{4 \cdot 10^2}{36 \cdot 10 \cdot 550} = \frac{1}{9 \cdot 55}, \text{ quindi:}$$

$$L = \frac{1}{495} = 0{,}00202 = 2{,}02 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$L = 2{,}02 \text{ mH}$$

Per poter ricevere l'onda di 2000 m occorre quindi una bobina dell'induttanza di 2,02 mH.

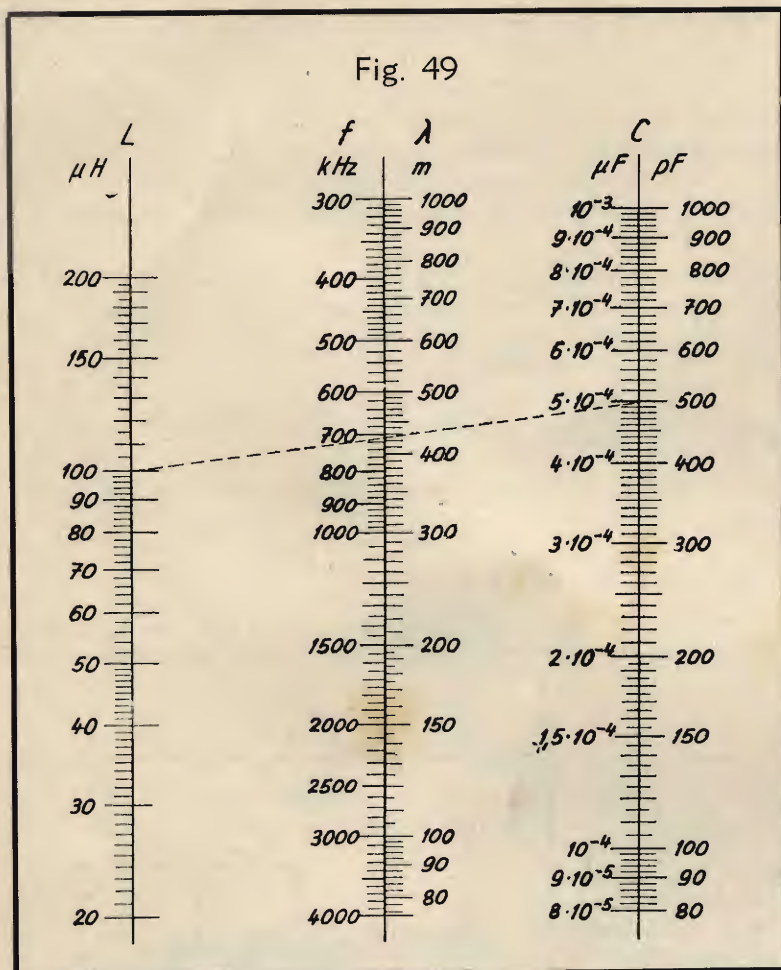



Fig. 49

Nomogramma per i circuiti oscillanti.

Abbiamo citato prima i *nomogrammi*, che permettono di determinare il valore delle lunghezze d'onda, delle induttanze e delle capacità. Un nomogramma di questo genere è riportato nella fig. 49.

Volete conoscere, per esempio, la frequenza propria di un circuito oscillante, costituito da un condensatore variabile della capacità massima di 500 pF e da una bobina dell'induttanza di 100 μH. Prendete una riga e collegate il punto designato *500 pF* (giacente sulla retta verticale delle capacità, situata a destra e contrassegnata con *C*) col punto corrispondente a *100 μH* (giacente sulla retta *L* delle induttanze). La retta collegante i due punti interseca la verticale mediana, contrassegnata con λ, nel punto corrispondente a 421 m. Sulla scala designata con f si legge nel contempo la frequenza corrispondente a tale lunghezza d'onda; nell'esempio in questione, alla lunghezza d'onda di 421 m corrisponde la frequenza f = 712 kHz. Si rileva quindi che *la massima lunghezza d'onda*, che si può ricevere con un circuito oscillante costituito da una bobina da 100 μH e da un condensatore variabile da 500 pF al massimo, equivale a *421 m.*

I nomogrammi sono molto utili per effettuare dei calcoli rapidi e grossolani. Naturalmente essi non possono essere molto precisi; volendo ottenere dei risultati molto esatti, è necessario calcolare con l'aiuto delle formule già riportate. Apprezzerete ben presto, tuttavia, la praticità del mezzo di rappresentazione costituito dai nomogrammi.

Il nomogramma permette di determinare pure, ed in modo analogo, il valore dell'induttanza, quando sono date la capacità e la lunghezza d'onda. Si cercano infatti i valori di queste sulle verticali corrispondenti; si collegano con una retta che si prolunga verso sinistra, fino ad incontrare la verticale dell'induttanza, e si legge su questa, il valore cercato.

In modo simile si procede per determinare la capacità, quando sono date induttanza e lunghezza d'onda.

Domande

1. Come si esprime la condizione di risonanza per un circuito oscillante, in parole e con un'equazione?
2. Scrivete la formula di Thomson.
3. Disponendo di un circuito oscillante, costituito da una bobina fissa e da un condensatore variabile da 500 pF di capacità massima, è possibile ricevere tanto la gamma delle onde medie che quella delle onde lunghe?

Risposte alle domande di pag. 10

1. Due bobine sono accoppiate rigidamente, quando si trovano molto vicine.
2. Il grado d'accoppiamento di due bobine dipende dalla loro distanza.
3. Un dispositivo costituito da due bobine, delle quali si può variare il grado d'accoppiamento, si chiama « *variometro* ».
4. Due circuiti si possono accoppiare induttivamente, capacitivamente o galvanicamente.

Risposte alle domande di pag. 21

1. Si chiama « *triodo* » una valvola dotata, oltrechè dell'anodo e del catodo, che si trovano in qualsiasi tubo elettronico, anche di una griglia.
2. La tensione alternata di griglia provoca un'oscillazione della corrente anodica del medesimo ritmo. L'andamento della corrente anodica si determina graficamente, *specchiando* la tensione alternata di griglia nella caratteristica della valvola.
3. Il punto di lavoro deve trovarsi nel tratto rettilineo della caratteristica I_a — V_g, e le punte della tensione alternata di griglia non devono raggiungere la parte curva della caratteristica.

Risposte alle domande di pag. 26

1. La condizione di risonanza per un circuito oscillante è soddisfatta, quando la reattanza induttiva ha esattamente il medesimo valore della reattanza capacitiva. Espressa matematicamente, la condizione è la seguente:

   $R_{ind} = R_{cap}$; ossia: $\omega L = \dfrac{1}{\omega C}$

2. La formula di Thomson è: $f = \dfrac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$
3. Con un'induttanza fissa ed un condensatore variabile fino alla capacità massima di 500 pF, è possibile ricevere una sola determinata gamma, p. es., le onde medie, oppure le onde lunghe.

COMPITI

1. Qual è il compito del rivelatore fonografico?
2. Come si prepara un disco di cera, e un disco da grammofono?
3. Qual è il valore di:

   a) sen 30°; *b*) sen 45°; *c*) sen 60°; *d*) sen 90°;

   e) cos 40°; *f*) cos 69°; *g*) tg 52°; *h*) ctg 24°?
4. In un triangolo rettangolo l'ipotenusa è c = 45 cm e l'angolo α = 25°. Quanto sono lunghi i lati a e b?
5. In che modo si aumenta il grado di accoppiamento di due circuiti accoppiati capacitivamente?
6. Che cos'è la *risonanza* di un circuito?
7. Perchè si dice che la curva di una corrente alternata è *sinusoidale*?
8. In quali altre maniere si può esprimere *un quarto di periodo* di una corrente alternata?
9. Come si fa per ottenere che una valvola amplificatrice lavori nel tratto lineare della caratteristica?
10. Che cos'è una corrente alternata sovrapposta ad una corrente continua?
11. L'apparecchio a selezione di linea, rappresentato nella fig. 46, è dotato d'inserzione diretta o indiretta?
12. A quale valore di capacità va regolato il condensatore variabile di un circuito oscillante dotato di una bobina da 0,2 mH, quando si vuole ricevere una stazione trasmittente a f = 556 kHz?

Tabelle Trigonometriche

Tabella N. 7	Seno e coseno		
I	II	III	IV
Gradi	Seno	Coseno	Gradi
0	0,00000	1.00000	90
1	0,01745	0,99985	89
2	0,03490	0,99939	88
3	0,05234	0,99863	87
4	0,06976	0,99756	86
5	0,08716	0,99619	85
6	0,10453	0,99452	84
7	0,12187	0,99255	83
8	0,13917	0,99027	82
9	0,15643	0,98769	81
10	0,17365	0,98481	80
11	0,19081	0,98163	79
12	0,20791	0,97815	78
13	0,22495	0,97437	77
14	0,24192	0,97030	76
15	0,25882	0,96593	75
16	0,27564	0,96126	74
17	0,29237	0,95630	73
18	0,30902	0,95106	72
19	0,32557	0,94552	71
20	0,34202	0,93969	70
21	0,35837	0,93358	69
22	0,37461	0,92718	68
23	0,39073	0,92050	67
24	0,40674	0,91355	66
25	0,42262	0,90631	65
26	0,43837	0,89879	64
27	0,45399	0,89101	63
28	0,46947	0,88295	62
29	0,48481	0,87462	61
30	0,50000	0,86603	60
31	0,51504	0,85717	59
32	0,52992	0,84805	58
33	0,54464	0,83867	57
34	0,55919	0,82904	56
35	0,57358	0,81915	55
36	0,58779	0,80902	54
37	0,60182	0,79864	53
38	0,61566	0,78801	52
39	0,62932	0,77715	51
40	0,64279	0,76604	50
41	0,65606	0,75471	49
42	0,66913	0,74314	48
43	0,68200	0,73135	47
44	0,69466	0,71934	46
45	0,70711	0,70711	45
Gradi	Coseno	Seno	Gradi

Tabella N. 8	Tangente e cotangente		
I	II	III	IV
Gradi	Tangente	Cotangente	Gradi
0	0,00000	infinito	90
1	0,01746	57,28990	89
2	0,03492	28,63620	88
3	0,05241	19,08110	87
4	0,06993	14,30060	86
5	0,08749	11,43000	85
6	0,10510	9,51436	84
7	0,12278	8,14435	83
8	0,14054	7,11537	82
9	0,15838	6,31375	81
10	0,17633	5,67128	80
11	0,19438	5,14455	79
12	0,21256	4,70463	78
13	0,23087	4,33148	77
14	0,24933	4,01078	76
15	0,26795	3,73205	75
16	0,28675	3,48741	74
17	0,30573	3,27085	73
18	0,32492	3,07768	72
19	0,34433	2,90421	71
20	0,36397	2,74748	70
21	0.38386	2,60509	69
22	0,40403	2,47509	68
23	0,42447	2,35585	67
24	0,44523	2,24604	66
25	0,46631	2,14451	65
26	0,48773	2,05030	64
27	0,50953	1,96261	63
28	0,53171	1,88073	62
29	0,55431	1,80405	61
30	0,57735	1,73205	60
31	0,60086	1,66428	59
32	0,62487	1,60033	58
33	0,64941	1,53987	57
34	0,67451	1,48256	56
35	0,70021	1,42815	55
36	0,72654	1,37638	54
37	0,75355	1,32704	53
38	0,78129	1,27994	52
39	0,80978	1,23490	51
40	0,83910	1,19178	50
41	0,86929	1,15037	49
42	0,90040	1,11061	48
43	0,93252	1,07237	47
44	0,96569	1,03553	46
45	1,00000	1,00000	45
Gradi	Cotangente	Tangente	Gradi

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 11

TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 11

DISPENSA N°. 12

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 12

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 12**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Avete studiato senza dubbio con grande interesse la Dispensa N. 11, che portava tante nuove, interessanti cognizioni. Vi abbiamo descritto il grammofono e voi ora sapete cosa sia e come funzioni il rivelatore fonografico e il potenziometro.

Molto importanti erano i Capitoli di matematica e di elettrotecnica generale. Voi conoscete ora le relazioni trigonometriche: il seno, il coseno, la tangente e la cotangente, e sapete come calcolarle.

Nell'elettrotecnica vi abbiamo spiegato, con l'aiuto del cerchio unitario, la rappresentazione grafica della corrente alternata sinusoidale.

Nei Capitoli di radiotecnica avete appreso come si collegano differenti circuiti, avete pure appreso l'importanza dei fenomeni di risonanza e sapete ora che cosa sia un circuito oscillante in parallelo. Avete poi potuto comprendere facilmente come si realizzi l'accoppiamento dell'antenna al ricevitore. Della massima importanza erano anche le spiegazioni relative alle valvole termoioniche delle quali abbiamo trattato diffusamente.

In relazione al calcolo dei circuiti oscillanti avete conosciuto la formula più importante della tecnica dell'alta frequenza: la formula di Thomson $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$, di cui avete potuto rilevare tutta l'utilità.

In telefonia avete conosciuto l'impianto del *selettore di linea* che, per la sua praticità, è usato sovente anche oggi.

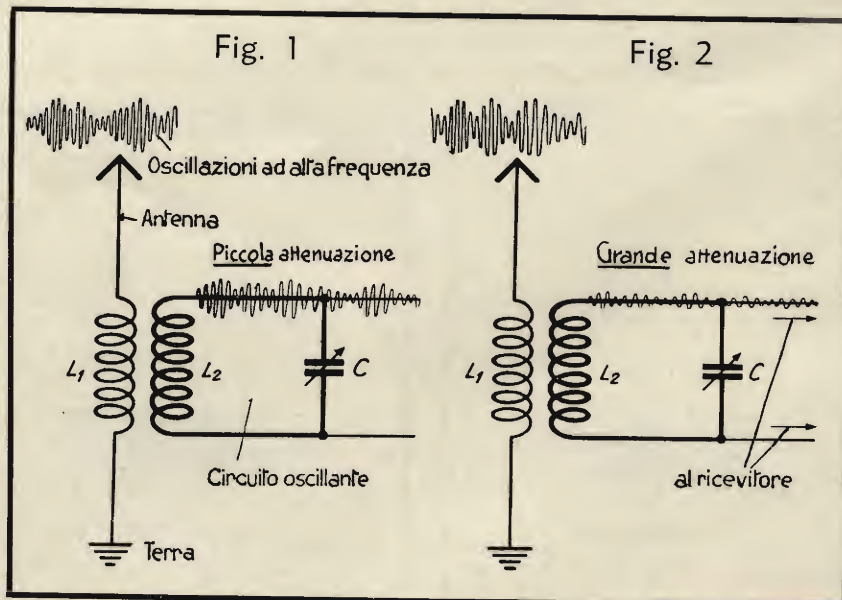
RADIOTECNICA

Curve di risonanza

È noto che con una *bobina* ed un *condensatore* si può formare un *circuito oscillante*. Questo sarà accordato con una *determinata frequenza*, dipendente dal valore dell'induttanza e della capacità. Nel circuito oscillante ideale si manifesta una sola frequenza (od onda), come risulta dalla condizione di risonanza: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$.

In pratica ciò vale solo con certe limitazioni. Infatti in ogni circuito oscillante, come in qualsiasi macchina, si manifestano delle perdite. Una macchina è tanto migliore, quanto più piccole sono le sue perdite, e la medesima cosa vale per il circuito oscillante. « *La qualità di un circuito oscillante è tanto migliore, quanto minori sono le perdite del circuito stesso* ».

Le perdite possono esser causate, per esempio, da *cattivo isolamento*, dalla scelta di un *filo troppo sottile* per l'avvolgimento della bobina, e da *altri fattori* dei quali parleremo in seguito. Come la bobina, anche il condensatore variabile dev'essere di buona qualità e quindi privo di perdite. L'effetto delle perdite, nei circuiti oscillanti, si manifesta come *attenuazione*. Le perdite, nei circuiti oscillanti, come in qualsiasi macchina elettrica, non sono altro che *la somma dell'energia elettrica trasformata in calore nelle resistenze ohmiche*, resistenze che in nessun caso è possibile eliminare completamente. L'attenuazione è tanto maggiore, quanto più grandi sono le perdite.

La parola « *attenuazione* » vi è certamente già nota per l'analogo uso che

se ne fa parlando dei suoni. Per esempio, sapete che si può *attenuare* il suono di un campanello; basta coprire il campanello con una cappa, per limitare la propagazione delle onde sonore, provocando così delle perdite d'energia acustica. Quando non si evitano le perdite l'intensità sonora risulta pertanto *attenuata.*

Osservate ora la fig. 1. Le oscillazioni ad alta frequenza provenienti dall'antenna attraversano la bobina d'antenna L_1. L'accoppiamento induttivo con la bobina L_2 induce in quest'ultima una tensione alternata. Abbiamo quindi nel circuito oscillante un'onda, dipendente dal valore dell'induttanza e della capacità, ossia l'onda con la quale è accordato il circuito oscillante. Se però l'attenuazione del circuito oscillante è grande, le proprietà specifiche della risonanza si perdono. Poichè una grande attenuazione equivale a forti perdite, è chiaro che *l'onda propria del circuito* risulterà *indebolita* (fig. 2).

Quando invece le perdite del circuito oscillante sono piccole, rimane esaltata l'onda propria, mentre le onde contigue sono quasi completamente soppresse.

Le proprietà di un circuito oscillante si descrivono bene con l'aiuto della cosiddetta « *curva di risonanza* » (fig. 3). Sull'asse verticale è riportata la *tensione indotta* nel circuito oscillante, mentre sull'asse orizzontale sono indicate le *lunghezze d'onda* delle oscillazioni nel circuito. Se il circuito è accordato, per esempio, con l'onda di 300 m, si ottiene la massima tensione (la *tensione di risonanza*) per l'onda di 300 m. Questa però non è l'unica onda presente nel circuito oscillante. Anche le onde vicine si manifestano più o meno intensamente. Infatti, come sapete, nella bobina L_1 oscilla tutta una schiera di onde, quelle cioè che vengono captate nell'etere dall'antenna. La tensione delle altre onde è, naturalmente, meno elevata di quella dell'onda principale, con la quale il circuito è accordato. Più grande è la distanza dell'onda considerata, dall'onda principale (nell'esempio, l'onda di 300 m), e più piccola ne risulta la tensione. Si ottiene così la curva della fig. 3, per tracciare la quale occorre però che tutte le varie onde siano captate dall'antenna con la medesima intensità. In pratica ciò non può mai accadere, poichè le trasmittenti hanno, naturalmente, differenti distanze dalla nostra antenna ed emettono con potenze differenti. Si tratta però di una semplificazione indispensabile per poter tracciare una curva regolare e chiara. Nella rappresentazione della fig. 3 si vede, p. es., che le onde di 295 e 305 m hanno una tensione limitata, mentre quelle di 299 e 301 m si manifestano con un valore di tensione solo leggermente inferiore a quello dell'onda di 300 m.

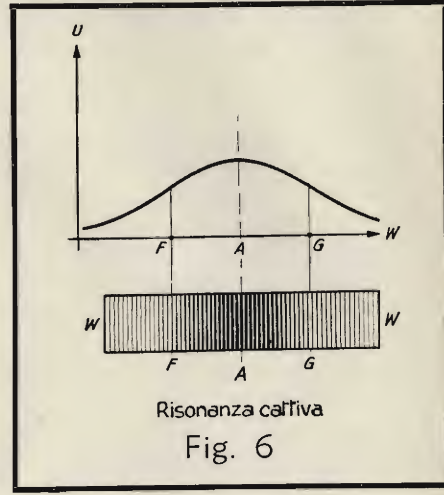
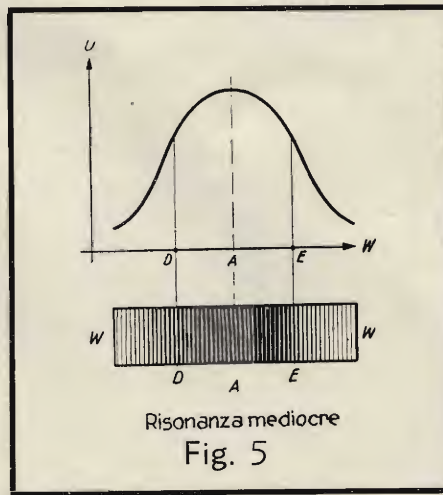
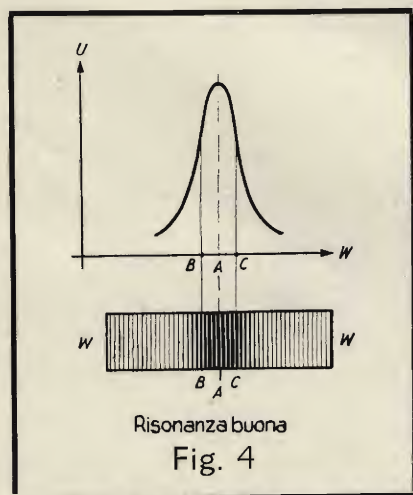
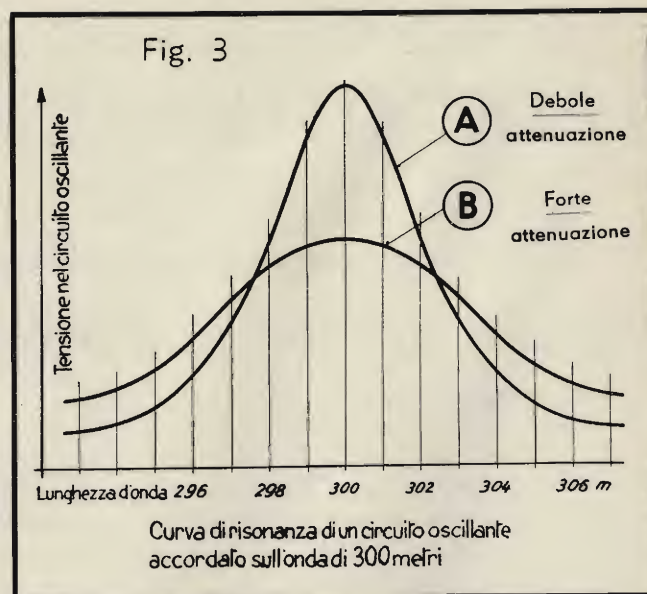
Nella fig. 3 la curva *A* rappresenta una *buona curva di risonanza.* Si riconosce dalla medesima che l'attenuazione del circuito oscillante è piccola. La curva *B* è invece una *cattiva curva di risonanza* e appartiene quindi ad un circuito con grande attenuazione. Le due curve si ottengono facendo agire la medesima bobina L_1 sulla bobina L_2; il fattore d'accoppiamento è identico in entrambi i casi ed anche l'energia ad alta frequenza, presente nella bobina L_1, è la stessa. L'unica cosa cambiata è la bobina L_2, che nel caso *A* ha un'attenuazione *piccola,* mentre nel caso *B,* pur avendo la stessa induttanza, ha un'attenuazione *grande.*

Nel caso della curva *B* l'onda di 300 m non possiede più una tensione spiccatamente più elevata di quella delle onde contigue. Come abbiamo detto, in questo circuito oscillante le perdite e l'attenuazione sono molto forti; si tratta di un *cattivo circuito oscillante.*

Tutto questo significa, per quanto riguarda la radio, che un ricevitore dotato di un circuito oscillante con

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

grande attenuazione non è *selettivo*; esso lascia quindi passare, oltre alla stazione voluta e messa a punto sulla scala dell'apparecchio, anche *altre stazioni. Una curva di risonanza ripida e stretta è la prima condizione per una ricezione selettiva*; avendo una bobina *con curva di risonanza piatta*, si sentirà nell'altoparlante un miscuglio di varie trasmissioni, quello che si dice « una vera insalata ».

Le figure da 4 a 6 hanno lo scopo di aiutarvi a comprendere le curve di risonanza. Sotto alle curve mostriamo un altro sistema di rappresentazione. *W* - *W* è una banda d'onde. Le onde sono situate una accanto all'altra entro la banda. L'onda *A* è quella in risonanza col circuito; essa è rappresentata da una linea nera. Le altre onde presenti nel circuito diventano sempre più deboli, man mano che ci si sposta verso destra e verso sinistra. Ciò s'indica facendo i tratti corrispondenti alle onde sempre più chiari.

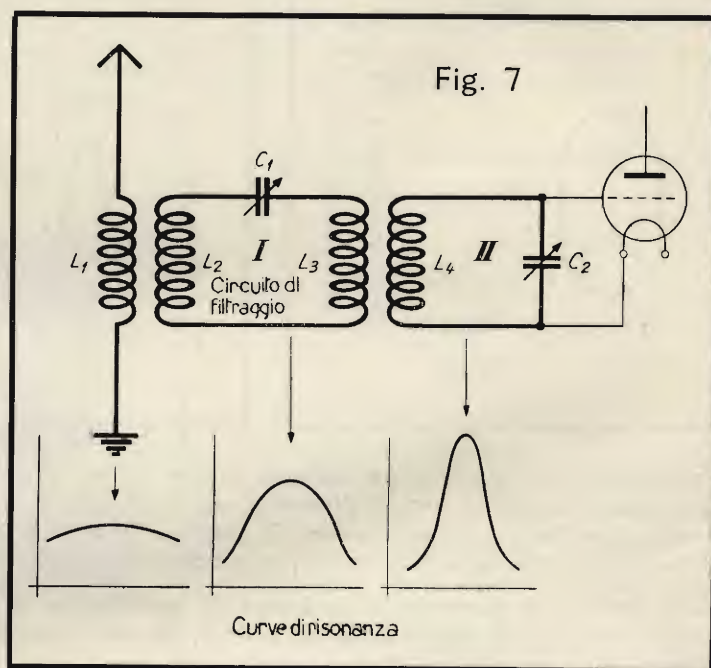
Le onde *B* e *C*, giacenti in vicinanza all'onda *A*, posseggono una tensione relativamente elevata, mentre quelle giacenti più a sinistra o più a destra sono già molto deboli (e quindi segnate chiare).

Mentre la fig. 4 rappresenta una buona curva di risonanza, la fig. 5 mostra delle condizioni di risonanza meno favorevoli. In realtà la curva è piuttosto alta e quindi le tensioni con le quali si manifestano le varie onde sono pure piuttosto elevate. Eppure l'attenuazione di questo circuito dev'essere maggiore di quella del circuito della fig. 4; se quindi le tensioni indotte sono elevate, vuol dire che deve esistere una causa esterna di questo comportamento. Può darsi che si abbia un accoppiamento più rigido, oppure una maggior energia nel circuito d'antenna.

Nella fig. 6 sono riportate infine le condizioni di un circuito oscillante con attenuazione ancora maggiore.

Nella fig. 7 sono disegnati i *circuiti d'entrata* di un ricevitore. Abbiamo ancora la bobina L_1 che agisce sulla bobina L_2.

L_2 ed L_3 sono collegate in serie, cosicchè l'induttanza risultante è $L_2 + L_3$. Questo valore dev'esser identico a quello della bobina *unica* di un normale circuito oscillante per onde medie. La suddivisione dell'induttanza in due bobine è stata fatta unicamente allo scopo, di far agire una delle due bobine sulla bobina L_4 di un ulteriore circuito oscillante II. Le oscillazioni presenti in L_1 si trasmettono in parte al circuito I. Qui si riscontrano, come sapete, oltre alla frequenza propria, messa a punto con l'aiuto del condensatore C_1, anche le frequenze contigue, in misura dipendente dall'attenuazione del circuito. Nei casi in cui, malgrado tutti i necessari accorgimenti, non sia possibile ottenere una curva di risonanza abbastanza prominente, si ottiene il risultato voluto usando un secondo circuito oscillante. Nel circuito II la frequenza di risonanza è esaltata in modo inequivocabile. (Naturalmente bisogna che entrambi i circuiti I e II siano accordati contemporaneamente, mediante i rispettivi condensatori variabili C_1 e C_2, sulla medesima frequenza). In tal modo si riesce praticamente a portare alla griglia della valvola la tensione alternata di *una sola* frequenza; si ha quindi un *ricevitore selettivo*.

Il funzionamento del complesso può esser anche interpretato nel modo seguente: il circuito I compie un primo *filtraggio* delle onde; il circuito II filtra un'altra volta le onde residue, in modo da lasciar passare, in definitiva, soltanto l'onda desiderata. Per questa ragione il circuito I, inserito tra l'antenna ed il circuito oscillante di griglia, viene chiamato « *circuito di filtraggio* ». Questo filtraggio provoca effettivamente un indebolimento dell'onda ricevuta, ma ciò non ha importanza, perchè vien poi compensato con la successiva amplificazione nel tubo elettronico.

Domande

1. Qual è la causa dell'attenuazione in un circuito oscillante?
2. Quando la curva di risonanza è prominente, ciò significa che il circuito oscillante possiede un'attenuazione grande o piccola?
3. Come dev'essere costituito il circuito oscillante di un ricevitore ad alta selettività?

TECNICA ELETTRONICA

Dalle prime valvole termoioniche, di costruzione imperfetta, alle moderne valvole tanto perfezionate, ci fu un lungo cammino da percorrere. Sarebbe troppo lungo descrivere tutte le successive fasi della tecnica elettronica. Tratteremo pertanto quasi esclusivamente dei tipi più moderni.

In questo Corso avete conosciuto finora soltanto le valvole alimentate da batterie. Sapete però certamente che tutti i normali apparecchi radio sono alimentati dalla *rete a corrente alternata; le batterie s'impiegano solo nei ricevitori portatili o d'automobile.*

Nel caso dell'alimentazione *da batterie* il filamento è, naturalmente, percorso *da corrente continua.* Con alimentazione *dalla rete*, il filamento è allacciato generalmente *ad una tensione alternata.* I ricevitori per corrente alternata sono alimentati dalla tensione della rete, compresa generalmente tra 110 e 280 V. Essi sono dotati di un *trasformatore di rete*, che provvede a ridurre la tensione, dal valore della rete, a quello occorrente per l'accensione dei filamenti.

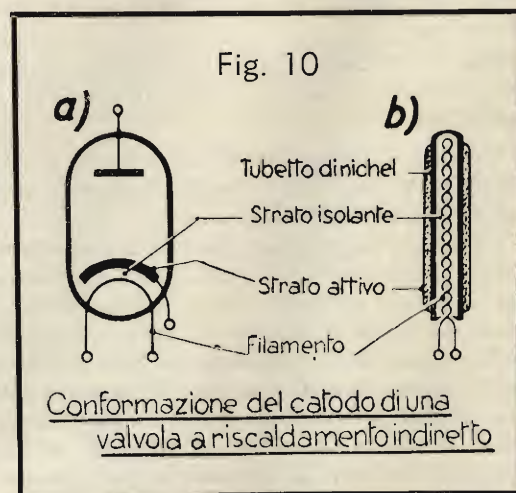
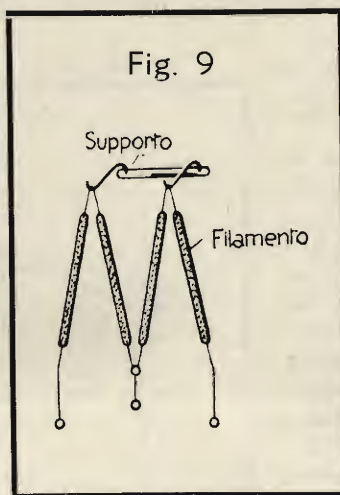
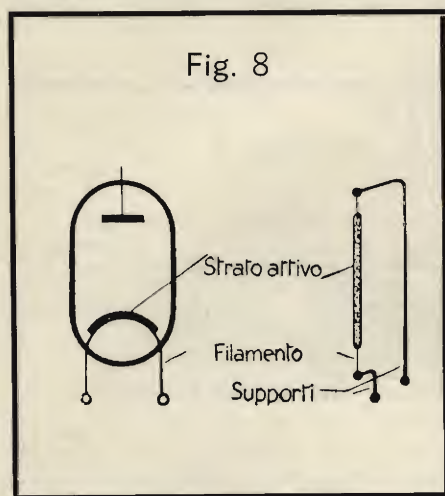
Molte valvole richiedono una tensione d'accensione di 4 oppure di 6,3 volt. *Non è però possibile alimentare senz'altro qualsiasi valvola da 4 V per batterie, con un trasformatore fornente 4 V di corrente alternata.* Si otterrebbe infatti nell'altoparlante un ronzio insopportabile, e ciò va naturalmente evitato.

Per poter alimentare i filamenti delle valvole con corrente alternata, sono state realizzate delle valvole con un catodo costruito in modo speciale: sono le cosiddette valvole « *a riscaldamento indiretto* », che vanno distinte dalle valvole « *a riscaldamento diretto* ». Queste ultime posseggono un filamento, costituente il catodo, ricoperto con il cosiddetto « *strato attivo* », che emette gli elettroni. Come sapete, e com'è nuovamente rappresentato nella fig. 8, il filamento è teso tra due sostegni. Per ottenere una superficie più estesa si dispone spesso il filamento a zig-zag, com'è mostrato nella fig. 9.

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Conformazione del catodo di una valvola a riscaldamento indiretto

Nelle valvole *a riscaldamento indiretto* invece, *lo strato attivo è spruzzato sulla superficie di un tubetto di nichel, entro il quale si trova il filamento*, ma *isolato* dal tubetto stesso (fig. 10-a e 10-b). In questo caso il filamento serve solo per l'accensione; *il catodo è costituito dal tubetto di nichel.* La superficie catodica vien quindi riscaldata indirettamente, per conduzione e irradiazione del calore emesso dal filamento.

In alcuni tipi il filamento ha la forma di una forcella da capelli, infilata nel tubetto di nichel, in modo che le due estremità sporgano dallo stesso lato. In altre valvole più moderne il filamento è avvolto *a spirale bifilare.*

Lo scopo degli *avvolgimenti bifilari* è quello d'*impedire gli effetti magnetici.* Come sapete dalla Dispensa N. 5, la corrente elettrica produce un campo magnetico attorno al conduttore da essa percorso. Quando due conduttori vengono distesi parallelamente, uno immediatamente accanto all'altro, e percorsi dalla medesima corrente, ma in senso contrario, si formano *due campi magnetici contrastanti.* Verso l'esterno allora non si manifesta più alcun effetto magnetico.

Nelle figg. 11 e 12 si distingue il filamento a spirale, avvolto in modo bifilare attorno ad un bastoncino isolante. L'avvolgimento bifilare serve, in parte, per ottenere *la completa soppressione dei disturbi da ronzio*, che potrebbero esser provocati dal campo magnetico alternato del filamento; in parte, per assicurare una posizione rigida del filamento nell'interno del tubetto di nichel. Quest'ultima condizione è importante, poichè eventuali vibrazioni del filamento sarebbero causa di rumori di disturbo.

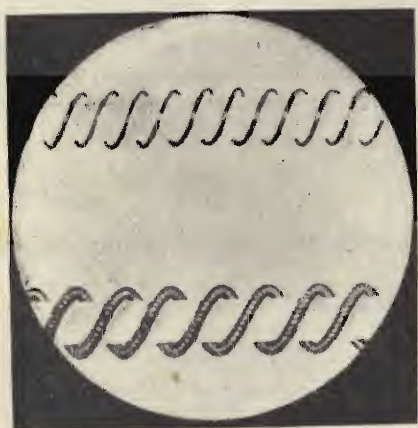
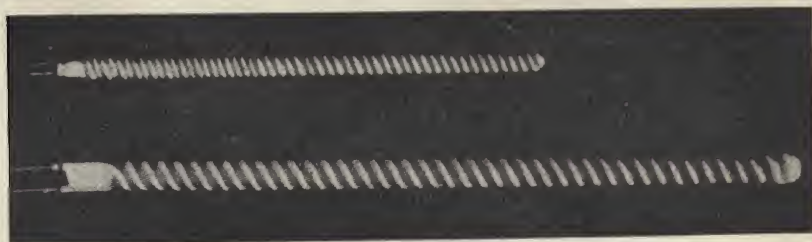



Fig. 11

Fig. 12

Dopo avvolto, il filamento viene *spruzzato con una massa isolante* e infilato nel tubetto di nichel, che porta lo strato attivo.

Nei tipi più vecchi il filamento veniva infilato dapprima in un tubetto isolante, introdotto poi a sua volta nel tubetto di nichel. Tralasciando il tubetto isolante tra filamento e tubetto di nichel, l'inerzia termica del catodo diminuisce ed esso si riscalda in un tempo più breve; si parla in questo caso di « *catodo a riscaldamento rapido* ».

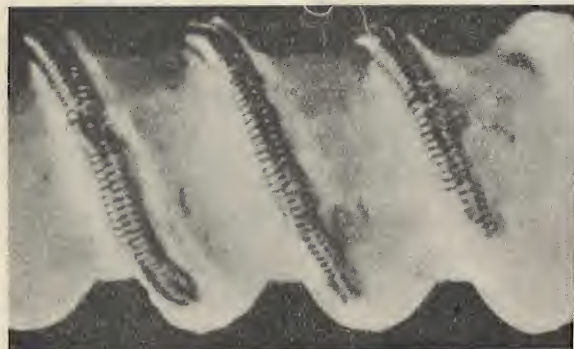



Fig. 13

Il filamento stesso è sottilissimo: ha lo spessore di *due centesimi di millimetro*. Osservando ad occhio nudo la spirale di accensione (fig. 12), non se ne riconoscono nemmeno i particolari. Solamente col microscopio è possibile osservare il sottilissimo avvolgimento, dopo aver tolto lo strato isolante (fig. 13). La superficie del tubetto di nichel, ricoperta di strato attivo costituito principalmente da *ossido di bario*, osservata al microscopio, pare un paesaggio lunare tutto monti e valli. Lo strato attivo ha lo spessore di *pochi millesimi di millimetro* e presenta una superficie coperta da un velo o pellicola sottilissima di bario puro, *dello spessore di pochi atomi soltanto*. Gli atomi di bario facilitano l'emissione, cioè il passaggio degli elettroni dalla superficie catodica al vuoto, e permettono quindi il passaggio della corrente nel tubo elettronico.

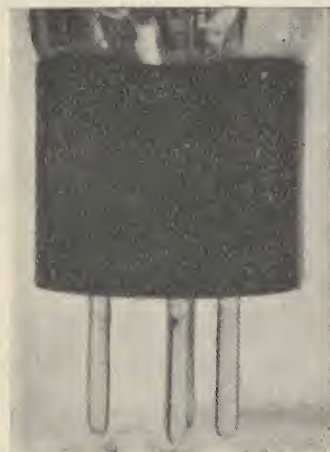



Fig. 14 a

Fig. 14b

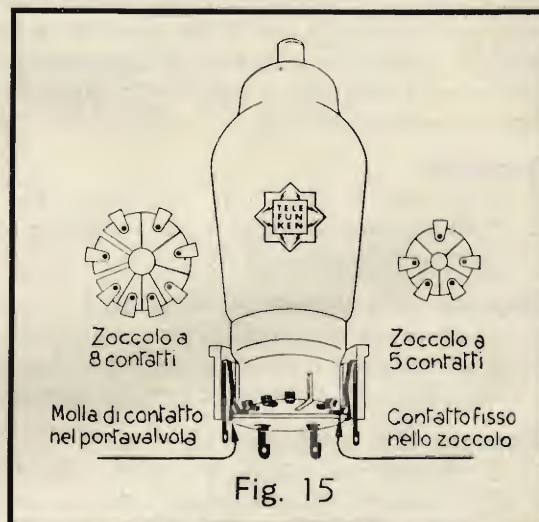



Fig. 15

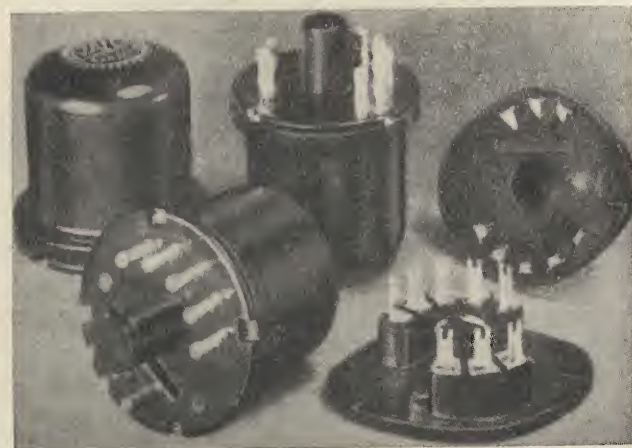



Fig. 16

Attorno al catodo sono disposte, a distanza esatta, le spire della griglia, costituite da *fili capillari* e destinate a comandare la corrente elettronica, per ottenere l'effetto d'amplificazione.

Come già sapete, i *collegamenti dei singoli elettrodi*, p. es., della griglia, della placca o del filamento, terminano nello *zoccolo*, ove si trovano i corrispondenti *contatti*. Secondo il tipo della valvola, lo zoccolo può esser dotato di più o meno contatti. Possiamo dire fin d'ora che esistono valvole speciali con parecchie griglie, come pure delle valvole che riuniscono addirittura diversi sistemi elettronici in un solo bulbo. Si usano attualmente *vari tipi di zoccolature per le valvole*. Citiamo dapprima il vecchio *zoccolo a spinotti*, visibile nelle fig. 14-*a* e *b*. Negli apparecchi un po' antiquati si trovano ancor oggi diversi tipi di questo genere: ce ne sono a 3, 4, 5, 6 e 7 poli. Lo zoccolo a spinotti di questo tipo sta però scomparendo sempre più. Un'altra forma è quella dei *contatti esterni a lamelle*, visibile nella fig. 15 nelle due esecuzioni a 5 e a 8 poli. Anche questo tipo verrà abbandonato col tempo. La fig. 16 mostra da tre lati differenti lo zoccolo delle *valvole a custodia d'acciaio*. Un perno centrale facilita l'inserzione della valvola nel portavalvole (visibile a destra nella figura). La valvola visibile nella figura 16 è una piccola *valvola d'acciaio*, di cui parleremo più diffusamente in seguito. Un tipo simile utilizza lo

Fig. 17

Fig. 18

zoccolo *Octal*, dotato esso pure di un perno centrale di riferimento, nonchè di 8 spinotti cilindrici distribuiti uniformemente. Il cosiddetto zoccolo *Loctal* (fig. 17 e 18) è usato nelle *valvole di tutto vetro*, dotate anch'esse di 8 spinotti, annegati nella base di vetro. Il perno di riferimento ha una scanalatura che serve per trattenere la valvola nel portavalvole. In inglese per dire che la molla di fissaggio scatta nella scanalatura, si usa la parola « lock-in »; da ciò venne la designazione di zoccolo « *lock-in* » octal, abbreviata in zoccolo « *Loctal* ». Questa esecuzione si usa per le valvole più piccole.

Le valvole d'acciaio e di tutto vetro sono destinate a predominare in futuro.

Come abbiamo accennato, è necessario che esistano valvole di qualità differenti, adatte per le differenti applicazioni. Per gli stadi d'amplificazione a bassa frequenza occorrono valvole diverse da quelle usate, per gli stadi d'amplificazione ad alta frequenza; anzi, per gli stessi stadi a bassa frequenza vennero creati differenti tipi. Ci sono, per esempio, le cosiddette « *valvole finali* », capaci di erogare una potenza particolarmente elevata, più elevata di quella in gioco nelle valvole del primo stadio di bassa frequenza.

Quando avrete conosciuto il funzionamento delle valvole nei vari stadi, potremo esaminare nei dettagli le particolarità dei singoli tipi. Col tempo dovrete poi imparare a ricordarvi le designazioni dei vari tipi, che sono numerosissimi.

Domande

1. Quali tipi di valvole si distinguono per quanto riguarda il riscaldamento?
2. Com'è fatto un catodo a riscaldamento rapido?
3. Quali sono i vari tipi di zoccolo?

Risposte alle domande di pag. 3

1. L'attenuazione di un circuito oscillante è dovuta alle perdite.
2. Una curva di risonanza prominente denota che il relativo circuito oscillante ha una piccola attenuazione.
3. Un ricevitore deve possedere un circuito oscillante a piccola attenuazione.

Risposte alle domande di pag. 6

1. Si distinguono valvole a riscaldamento diretto e valvole a riscaldamento indiretto.
2. Un catodo a riscaldamento rapido è costituito da una spirale d'accensione avvolta in modo bifilare e spruzzata di uno strato isolante. Questa spirale è introdotta in un tubetto di nichel che porta lo strato attivo.
3. Ci sono zoccoli a spinotti di vecchio tipo, zoccoli a contatti esterni, zoccoli di valvole d'acciaio, zoccoli Octal e Loctal.

MATEMATICA

I logaritmi

1. Che cosa sono i logaritmi.

L'utilità pratica dei *logaritmi* è insita nel fatto che su di essi si fonda un sistema di calcolo, che permette di estrarre qualsiasi radice e anche di effettuare tutte le altre difficili operazioni di matematica.

Trovare il logaritmo è un'operazione che, come l'estrazione della radice, rappresenta l'inverso dell'elevazione a potenza. Esistono infatti, si noti, due differenti inversioni dell'elevazione a potenza, operazione questa che vi è già stata illustrata nella Dispensa N. 4. Basterà un esempio per dimostrare la relazione che intercorre fra queste tre operazioni matematiche.

Potenza: $10^2 = ?$ Soluzione: $10^2 = 100$

Radice: $\sqrt[2]{100} = ?$ Soluzione: $\sqrt[2]{100} = 10$, perchè $10^2 = 100$

Logaritmo: ${}^{10}\log 100 = ?$ Soluzione: ${}^{10}\log 100 = 2$, perchè $10^2 = 100$

« ${}^{10}\log 100$ » si legge « *logaritmo di 100 nella base 10* ».

Se ci chiediamo che cosa è dato e che cosa è cercato nelle tre diverse operazioni, troviamo:

Potenza:	sono dati: la *base* (10) e l'*esponente* (2);	si cerca: la *potenza* (100);
Radice:	sono dati: l'*esponente* (2) e la *potenza* (100);	si cerca: la *base* (10);
Logaritmo:	sono dati: la *base* (10) e la *potenza* (100);	si cerca: l'*esponente* (2).

« *Trovare il logaritmo di 100 nella base di 10* » significa quindi rispondere alla seguente domanda:

« *Con quale esponente bisogna elevare a potenza la base 10 per ottenere 100?* » O in altre parole: « *10 elevato a quale potenza dà 100* »?

L'esponente così cercato si chiama *logaritmo*, abbreviato *log*. Il numero scritto in alto prima di *log* indica la *base*. La potenza (100) è il *numero* del quale si vuol trovare il logaritmo.

Problema: ${}^{6}\log 36 = ?$

Soluzione: Cerchiamo dapprima di esprimere in parole il significato di questo quesito: 6 è la *base*, 36 il *numero* dato. Si chiede quindi: « A quale potenza bisogna elevare 6 per ottenere 36 »? La soluzione è facile: l'esponente cercato è 2, perchè $6^2 = 36$. La soluzione del problema è quindi: ${}^{6}\log 36 = 2$.

Due altri esempi: ${}^{4}\log 64 = ?$ Soluzione: ${}^{4}\log 64 = 3$, perchè $4^3 = 64$
${}^{3}\log 27 = ?$ Soluzione: ${}^{3}\log 27 = 3$, perchè $3^3 = 27$

Negli esempi precedenti la base era diversa da un caso all'altro. In pratica si usa di solito la *base 10*.

I logaritmi di base 10 si chiamano « *logaritmi volgari* » o anche, dal loro inventore, « *logaritmi di Brigg* ». Poichè è raro che si usi una base differente da 10, si può tralasciare d'indicare la base; inoltre si usa la sigla normalizzata « *lg* », per significare che si tratta di logaritmi volgari. È quindi sufficiente scrivere, invece di ${}^{10}\log 100$, semplicemente: *lg 100*.

2. I logaritmi volgari.

Cominciamo con alcuni facili esempi per esercizio:

1) lg 1 000 = ? Soluzione: lg 1 000 = 3, perchè $10^3 =$ 1 000
2) lg 10 000 = ? Soluzione: lg 10 000 = 4, perchè $10^4 =$ 10 000
3) lg 100 000 = ? Soluzione: lg 100 000 = 5, perchè $10^5 =$ 100 000

Abbiamo discusso già in precedenza il valore di lg 100, trovando che dev'essere uguale a 2.

Come vedete da questi 4 esempi, è assai facile trovare il logaritmo di numeri come 100, 1000, 10 000 ecc. Il logaritmo è infatti *uguale al numero di cifre di cui è costituito il numero dato, meno una*. Il numero 1000 per esempio ha 4 cifre; il logaritmo è quindi *4 meno 1, ossia 3*. Il numero 100 ha 3 cifre, e quindi lg 100 = *2*.

Che cosa si trova per lg 10? Il numero ha due cifre, di conseguenza il logaritmo è uguale ad 1, e quindi lg 10 = *1*.

Ciò è facile da spiegare; per ottenere 10, bisogna che la base 10 abbia l'esponente 1, infatti basta scrivere 10 *una volta sola* come fattore.

Nel quesito: « lg 1 = ? » abbiamo un numero di una sola cifra. Il logaritmo è uguale ad 1 meno 1, quindi è *zero*: lg 1 = *0*. Vi preghiamo di osservare in modo particolare questo risultato, perchè è con questo numero che si commettono più facilmente degli errori.

Scriviamo ora in colonna i logaritmi dei numeri tondi, per rendere ben evidente la regola ora spiegata.

lg 1	= 0	lg 100	= 2	lg 10 000	= 4	lg 1 000 000	= 6
lg 10	= 1	lg 1 000	= 3	lg 100 000	= 5	lg 1 000 000 000	= 9

e così via.

Generalmente dovremo però determinare il logaritmo di un numero qualsiasi, compreso tra i numeri tondi soprascritti, p. es., lg 185 = ? Poichè 185 è compreso tra 100 e 1000, è ovvio che il logaritmo di 185 debba essere *compreso fra 2 e 3*. Lg 185 è quindi maggiore di 2 e minore di 3: è quindi un numero 2,..., nel quale, dopo la virgola, ci sono ancora alcune cifre che per ora non conosciamo.

Il numero 2 si chiama « *caratteristica* »; le cifre dopo la virgola si chiamano « *mantissa* ». Le *mantisse* sono riportate nelle apposite *tabelle* o *tavole logaritmiche*, le quali sole permettono il calcolo logaritmico. Una tabella di questo genere è riportata nella 4ª pag. di copertina della presente Dispensa (Tabella N. 9).

La mantissa appartenente al numero 185 si trova nella tabella nel modo seguente: nella prima colonna designata con « *Numero* » troviamo 18. Andiamo, da questo punto, verso destra, fino ad incontrare la colonna sopra la quale sta segnato 5 (perchè la terza cifra di 185 è 5). Qui troviamo il numero 267. Questa è la mantissa appartenente al logaritmo di 185.

Poichè, come abbiamo visto precedentemente, la caratteristica del logaritmo è la cifra 2, abbiamo così trovato che lg 185 = 2,267.

Ripetiamo:

> Il logaritmo è costituito dalla cifra che si scrive prima della virgola, chiamata « *caratteristica* » (in questo caso 2), e dalle cifre che si scrivono dopo la virgola, dette « *mantissa* » (in questo caso 267). La caratteristica dipende dal numero di cifre del numero dato; la *mantissa* si trova nelle *tavole logaritmiche*.

Problema: lg 4680 = ?

Soluzione: Il numero possiede 4 cifre; la caratteristica è quindi uguale a 3. La mantissa si trova, come sopra, con l'aiuto della tavola logaritmica, e precisamente all'incrocio della linea, che reca per primo numero il 46, con la colonna contrassegnata in alto dal numero 8. La mantissa è quindi 670. Abbiamo trovato così lg 4680 = 3,670.

Se il problema fosse stato un po' differente, e precisamente « lg 468 = ? », avremmo avuto un numero di tre cifre e quindi la caratteristica sarebbe stata uguale a 2. La mantissa sarebbe però rimasta la stessa, e cioè 670.

Il risultato sarebbe stato: lg 468 = 2,670.

Variando la posizione della virgola nel numero, varia quindi soltanto la caratteristica del logaritmo. Possiamo perciò scrivere le seguenti soluzioni: lg 4,68 = 0,670; lg 46,8 = 1,670; lg 468 000 = 5,670.

Osservazione:

Esistono naturalmente dei numeri che non sono contenuti in questa tavola di logaritmi. Supponiamo, p. es., che si debba cercare lg 1453. La caratteristica è 3. La mantissa del numero 1453 non si trova nella nostra tavola. Troviamo invece la mantissa di 1450, cioè 161, e quella di 1460, cioè 164. Poichè il numero dato 1453 è compreso tra 1450 e 1460, e più precisamente a un terzo della distanza da 1450, anche la mantissa cercata deve essere compresa tra 161 e 164, in modo che superi 161 di un terzo della differenza tra i due valori. Poichè la differenza è 3, ed 1/3 di 3 = 1, la mantissa cercata è 161 + 1 = 162. Abbiamo trovato così che lg 1453 = 3,162. Questo sistema della cosiddetta « *interpolazione* » ci è già noto dalla *Tabella delle Radici*.

3. L'applicazione dei logaritmi alle varie operazioni.

a) La moltiplicazione.

Dovendo moltiplicare tra loro due numeri, si possono adoperare allo scopo i logaritmi.

Si debba eseguire, p. es., la seguente moltiplicazione: 24 . 3,2 = ?

Questa operazione si eseguisce, naturalmente, con la massima rapidità nel modo noto, per semplice moltiplicazione, oppure col regolo calcolatore. Ora però c'interessa dimostrare l'applicazione dei logaritmi, e per questo vogliamo trovare il risultato servendoci dei logaritmi. Procediamo quindi nel seguente modo:

Determiniamo i logaritmi dei due fattori e li addizioniamo. Il numero corrispondente al logaritmo così ottenuto è il prodotto cercato.

lg 24 = 1,380; lg 3,2 = 0,505

Sommiamo i due logaritmi: 1,380 + 0,505 = 1,885. Ora si applica il procedimento inverso di quello che avete seguito finora. Abbiamo la mantissa 885 e dobbiamo trovare il numero appartenente ad essa (il contrario quindi di quello che abbiamo fatto in precedenza). Cerchiamo la mantissa 885 nella *Tavola dei logaritmi*, e la troviamo nella riga davanti alla quale sta scritto 76, sotto all'8. La mantissa 885 appartiene quindi al numero 768.

Dobbiamo ora stabilire di quante cifre sia questo numero e ci serviamo a questo scopo della caratteristica del logaritmo trovato poc'anzi, 1,885. La caratteristica di tale logaritmo è 1 e quindi il numero deve avere 2 cifre. Il risultato è quindi 76,8. Con una semplice moltiplicazione potete ora controllare se esso è veramente esatto.

Osservazione:

Vi sarete forse chiesto perchè mai i logaritmi dei due fattori vengano addizionati anzichè moltiplicati. A questo proposito dovete richiamare alla memoria quanto è stato detto nella Dispensa N. 10, a proposito delle potenze. Abbiamo allora eseguito la moltiplicazione di potenze della stessa base *sommandone gli esponenti*. Anche nel calcolo coi logaritmi abbiamo sempre la stessa base, cioè 10. Gli stessi logaritmi sono, come sapete, gli esponenti della base 10; per questa ragione vanno anch'essi addizionati per eseguire la moltiplicazione.

b) La divisione.

Com'è noto, la divisione è l'operazione inversa della moltiplicazione. Eseguita con i logaritmi, essa rimane *l'operazione inversa della moltiplicazione eseguita con i logaritmi*. Per eseguire una *divisione* pertanto, non bisogna sommare, ma *sottrarre i logaritmi*.

Si debba effettuare, per esempio, la seguente divisione: 756 : 36 = ?

Troviamo dapprima i logaritmi dei due numeri: lg 756 = 2,878; lg 36 = 1,556. Bisogna sottrarre ora il logaritmo del divisore dal logaritmo del dividendo: 2,878 — 1,556 = 1,322.

Il numero della mantissa 322 è 210. Poichè la caratteristica è 1, il numero dev'essere di due cifre. Il risultato è quindi: *756 : 36 = 21.*

Come abbiamo già spiegato, le moltiplicazioni e le divisioni dei numeri di poche cifre si fanno più rapidamente con i normali metodi di calcolo, e in questo caso i logaritmi non hanno una grande importanza. Avendo invece molti numeri, magari composti di molte cifre, da moltiplicare e da dividere tra loro, coi logaritmi si ottiene il risultato più rapidamente.

I logaritmi sono poi di grandissima utilità per l'*elevazione a potenza* e l'*estrazione di radice*, come vi verrà spiegato tra breve. Prima dobbiamo però aprire una parentesi.

Determinazione del lg di numeri inferiori all'unità (frazioni decimali):

Per determinare il lg di numeri inferiori all'unità ci serviamo della divisione logaritmica. Secondo le regole menzionate finora, non sarebbe, p. es., possibile determinare lg 0,468. Infatti abbiamo imparato finora a trovare il logaritmo di numeri che abbiano almeno un 1 davanti alla virgola. Ma noi potremo ugualmente giungere al risultato, scrivendo, in luogo di 0,468, $\frac{4,68}{10}$.
Cerchiamo quindi, invece di lg 0,468, lg $\frac{4,68}{10}$ = lg 4,68 — lg 10. Troviamo quindi lg 4,68 = 0,670 e lg 10 = 1. Abbiamo così: lg $\frac{4,68}{10}$, ossia (il che è lo stesso) *lg 0,468 = 0,670 — 1.* Il logaritmo si lascia scritto così, senza eseguire la sottrazione.

Esempio: lg 0,0053 = ?

Soluzione: lg 0,0053 = $\frac{5,3}{1000}$ = lg 5,3 — lg 1000; *lg 0,0053 = 0,724 — 3.*

In merito alla determinazione dei logaritmi di frazioni decimali vale la seguente regola:
Il numero che va sottratto dalla mantissa equivale al numero degli zeri che si trovano davanti alla prima cifra significativa del numero di cui si cerca il logaritmo, compreso lo zero davanti alla virgola. Nel numero 0,0053 ci sono tre zeri davanti a 53, e quindi il logaritmo è 0,724 — 3.

c) L'elevamento a potenza.

Per calcolare una potenza, p. es. 9^3, si *moltiplica il logaritmo della base,* quindi lg 9, *per l'esponente,* quindi per 3. Si trova il numero corrispondente al logaritmo così ottenuto, e si ha in tal modo il risultato cercato: lg 9 = 0,954; 0,954 . 3 = 2,862.

Il numero corrispondente alla mantissa 862 è 728; poichè la caratteristica è 2, il numero dev'essere di tre cifre. Abbiamo trovato in tal modo che *9^3 = 728.*

(Il valore esatto sarebbe 9^3 = 729; la differenza tra i due valori dipende dal fatto che la nostra tavola di logaritmi ha soltanto tre decimali).

Esempio 1: 2^6 = ?

Soluzione: lg 2 = 0,301; 0,301 . 6 = 1,806.

Il numero di 806 è 640. Poichè la caratteristica è 1, il numero deve avere *due cifre.* Abbiamo quindi *2^6 = 64.*

Esempio 2: 4^4 = ?

Soluzione: lg 4 = 0,602; 0,602 . 4 = 2,408. Numero relativo alla mantissa 408 = 256. Tre cifre. Risultato: *4^4 = 256.*

Esempio 3: $2{,}54^8$ = ? In questo esempio si dimostra chiaramente la grande utilità del calcolo logaritmico. Senza questo mezzo dovremmo moltiplicare il numero 2,54 otto volte per se stesso, il che sarebbe alquanto fastidioso.

Soluzione: lg 2,54 = 0,405; 0,405 . 8 = 3,240. Numero = 174; a quattro cifre. Risultato: *$2{,}54^8$ = 1740.*

Esempio 4: $0{,}7^3$ = ?

Soluzione: lg 0,7 = lg $\frac{7,0}{10}$ = lg 7 — lg 10 = 0,845 — 1. Dovendo moltiplicare lg 0,7 per 3, otteniamo: (0,845 — 1) . 3 = 2,535 — 3. Il numero di 2,535 è 343, il numero di 3 è, com'è noto, 1000, perchè lg 1000 = 3.

Abbiamo quindi: *$0{,}7^3$ = $\frac{343}{1000}$*, ossia *0,343.*

d) L'estrazione delle radici.

Con l'aiuto dei logaritmi è possibile estrarre senza alcuna difficoltà *qualsiasi radice* di qualsiasi numero. Poichè l'estrazione di radice è l'operazione inversa dell'elevamento a potenza, bisogna, anzichè moltiplicare il logaritmo per l'esponente (come negli esempi precedenti), *dividere il logaritmo per l'esponente.*

Esempio 5: $\sqrt{784}$ = ?

Soluzione: Poichè sopra il segno di radice non è riportato alcun esponente, si tratta della seconda radice (radice quadrata). L'esponente è quindi 2. Il logaritmo di 784 è: lg 784 = 2,894. Esso va diviso per 2, e quindi 2,894 : 2 = 1,447. Questa operazione si può scrivere anche così: lg $\sqrt{784}$ = $\frac{1}{2}$ lg 784 = $\frac{1}{2}$. 2,894 = 1,447.

Il numero della mantissa 447 è 280. La caratteristica è 1, quindi il numero è di due cifre. Abbiamo trovato così: *$\sqrt{784}$ = 28.*

Esempio 6: $\sqrt[3]{512\,000}$ = ?

Soluzione: lg 512 000 = 5,709; 5,709 : 3 = 1,903; ossia lg $\sqrt[3]{512\,000}$ = $\frac{1}{3}$ lg 512 000 = $\frac{1}{3}$. 5,709 = 1,903.

Numero = 800; caratteristica = 1; numero di due cifre; risultato: *$\sqrt[3]{512\,000}$ = 80.*

Esempio 7: $\sqrt[4]{625}$ = ?

Soluzione: lg 625 = 2,796; 2,796 : 4 = 0,699; in modo matematicamente abbreviato: lg $\sqrt[4]{625}$ = $\frac{1}{4}$ lg 625 = $\frac{1}{4}$. 2,796 = 0,699.

Numero = 500; caratteristica = 0, quindi numero di una sola cifra; risultato: *$\sqrt[4]{625}$ = 5.*

Esempio 8: $\sqrt[3]{0{,}389}$ = ?

Soluzione: Dovendo estrarre la radice di un numero inferiore all'unità, procediamo preferibilmente nel seguente modo: in luogo di 0,389, scriviamo $\frac{389}{1000}$. La radice cubica di 1000 è 10. Si ottiene quindi: $\sqrt[3]{0{,}389}$ = $\frac{1}{10}$. $\sqrt[3]{389}$. Resta da trovare $\sqrt[3]{389}$, un'operazione analoga a quelle che abbiamo risolto negli esempi precedenti: lg 389 = 2,590; 2,590 : 3 = 0,863.

Numero 730; caratteristica = 0; quindi numero di una sola cifra (come *parte intera*). $\sqrt[3]{389} = 7,3$. Il risultato è quindi $\frac{1}{10} \cdot 7,3$; $\sqrt[3]{0,389} = 0,73$.

Compiti

1. lg 367 = ?   2. lg 11 = ?   3. lg 2905 = ?   4. lg 8 250 000 = ?   5. $72,3^3$ = ?   6. $27,15^2$ = ?

7. $\sqrt[3]{320}$ = ?   8. $\sqrt{28,2}$ = ?

Soluzioni

1. lg 367 = 2,565   2. lg 11 = 1,041
3. lg 2905 = 3,463   4. lg 8 250 000 = 6,916
5. lg 72,3 = 1,859; 1,859 . 3 = 5,577; Numero = 378; risultato: 378 000
6. lg 27,15 = 1,434; 1,434 . 2 = 2,868; Numero = 738; risultato: 738
7. lg 320 = 2,505; 2,505 : 3 = 0,835; Numero = 684; risultato: 6,84
8. lg 28,2 = 1,450; 1,450 : 2 = 0,725; Numero = 531; risultato: 5,31

IMPIANTI DI SEGNALAZIONE

Nelle Dispense precedenti avete già conosciuto alcuni *impianti di segnalazione*, per esempio i semplici *impianti di campanelli* e quelli, un po' più complessi, *di chiamata luminosa*. Vi verrà ora spiegato il funzionamento di vari altri impianti di segnalazione.

Impianti d'allarme e di protezione antifurto

Gl'*impianti antifurto* servono per la protezione di singoli locali o d'interi edifici. Per azionare il segnale d'allarme occorrono dei *dispositivi di contatto, meccanici*, oppure *comandati da raggi invisibili*.

Dispositivi a comando meccanico sono, per esempio, *i contatti alle porte ed alle finestre*. Tali contatti interrompono, al momento dell'apertura della porta o della finestra, *un circuito di riposo*, attraverso il quale è eccitato *l'avvolgimento di un relè*. L'ancoretta del relè, distaccandosi, chiude un secondo circuito, nel quale si trova *l'organo d'allarme*, per esempio una *suoneria*.

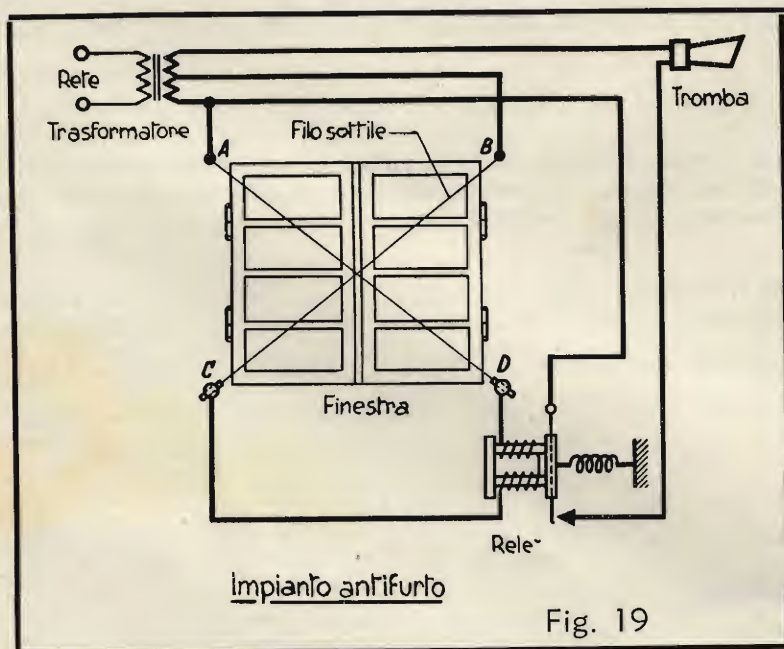



Fig. 19

In luogo dei contatti alle porte ed alle finestre, si usano anche i cosiddetti « *contatti a filo* »: si tratta di *parecchi fili sottili tesi dietro alla porta o alla finestra*, in modo da restare spezzati nel caso che queste fossero scassinate. Nel medesimo istante rimane interrotto, anche in questo caso, un circuito di riposo ed inserito l'allarme. La fig. 19 mostra un impianto di questo genere, alimentato dalla rete a corrente alternata.

Esistono poi *contatti montati nelle serrature o giacenti sotto il pavimento, gli stuoini od i tappeti*. Tutti questi differenti contatti possono servire per azionare l'allarme, nel medesimo modo.

I *dispositivi d'allarme per la protezione delle casseforti* sono fondamentalmente costruiti nel medesimo modo dei dispositivi antifurto per porte e finestre sopra descritti. Rinunciamo pertanto a darne una descrizione particolareggiata. Vale però la pena di riferire che esistono anche *dispositivi elettrici per il bloccaggio delle porte*, che servono ad impedire l'uscita ai ladri, che fossero eventualmente riusciti a penetrare nel locale protetto. Questi impianti sono comandanti anch'essi per mezzo di *contatti installati nel pavimento*, i quali provocano attraverso un relè, la chiusura di un circuito, che aziona *una serratura elettrica*.

Impianti avvisatori d'incendio.

Negl'*impianti avvisatori d'incendio* si fa generalmente uso del *circuito a corrente di riposo*. La fig. 20 mostra lo schema di un *impianto avvisatore d'incendio* di tipo semplice. Vi si trovano *due contatti di riposo*, K_1 e K_2, normalmente chiusi. La corrente è fornita dalla cosiddetta « *batteria di linea* » BL. Parallelamente ai contatti di riposo sono allacciate le *resistenze* R_1 ed R_2. Nel *circuito di riposo* (segnate con tratti marcati) sono inseriti i *due relè* RL_1 ed RL_2, le cui *ancorette* si trovano normalmente *in posizione attratta*. Un *milliamperometro* controlla se il circuito di riposo è percorso dalla corrente o no. Nella centrale si trovano *due suonerie*, *SA* e *SB*, nonchè la *batteria locale BC*. La suoneria *SA* è la *suoneria d'allarme*, mentre la *suoneria SB* è la cosiddetta « *suoneria di rottura di filo* ».

Quando viene premuto uno dei *due pulsanti*, per esempio K_1, la resistenza del circuito di riposo viene aumentata del valore della resistenza R_1, cioè di 1000 ohm. La corrente è allora appena sufficiente per trattenere l'ancoretta del relè RL_2. Il relè RL_1 invece si apre, chiudendo il circuito locale per la suoneria SA, la quale viene pertanto messa in funzione. Se invece, per una qualsiasi ragione, avviene la rottura di un filo della linea, allora si distacca anche l'ancoretta del relè RL_2 e vien azionata la suoneria SB. In questo modo il personale è avvertito del guasto e provvede rapidamente ad eliminarlo. Oltre al relè RL_2 si diseccita anche RL_1, ma la suoneria SA non viene azionata, poichè il suo circuito passa attraverso l'ancoretta di RL_2 e rimane pertanto interrotto.

La fig. 21 mostra in sezione uno dei soliti *pulsanti*, il cui bottone può essere azionato soltanto dopo aver infranto il *disco di vetro* che lo protegge. È chiaro che invece di due soli pulsanti avvisatori, come nella fig. 20, se ne possono avere anche di più, secondo l'estensione dell'impianto, naturalmente sempre *collegati in serie* tra loro.

Fig. 20

Gli avvisatori del tipo ora descritto sono adatti solamente per piccole località, poichè l'allarme non precisa il luogo in cui si è manifestato l'incendio. Si potrebbero naturalmente prevedere parecchi circuiti di riposo, ma un siffatto impianto sarebbe troppo costoso. Per questa ragione i semplici *avvisatori a pulsante* sono stati sostituiti dai cosiddetti « *avvisatori ad indice* », il cui funzionamento è descritto qui appresso.

Fig. 21 — Avvisatore a pulsante

Nel *circuito di riposo* sono inseriti in serie tutti i vari segnalatori, nei quali la corrente passa attraverso ad *una molla*, F, e ad *un contatto*, K (vedasi fig. 22). Nella posizione di riposo, la molla poggia mediante *un nasello* sul *segmento isolante* J di *una ruota in parte dentellata.* Quando la ruota gira nel senso della freccia, il contatto K, viene successivamente aperto per tante volte quanti sono i denti della ruota.

Nell'esempio della figura, la ruota ha 8 denti e quindi il circuito verrà interrotto per 8 volte consecutive. In un altro segnalatore la ruota avrà, per esempio, 7 denti, e interromperà quindi il circuito per 7 volte, e così via. In ogni avvisatore è montata un ruota di questo genere; il *bottone d'azionamento* non ha altra funzione che quella di togliere l'arresto della ruota, la quale si mette in moto sotto l'azione di *una molla.*

Il dispositivo ricevente nel circuito locale di questi avvisatori d'incendio è uno *strumento ad indice*, una specie d'orologio col quadrante suddiviso in *vari numeri di segnalazione.* Ad ogni interruzione della corrente di riposo viene eccitato *un elettromagnete*, la cui ancoretta libera *una ruota dentata*, azionata da *un peso.* In tal modo *l'indice* avanza di un numero ad ogni impulso, fermandosi al numero dell'avvisatore azionato.

Contemporaneamente squilla la *suoneria d'allarme.*

Poichè l'ubicazione dei vari avvisatori d'incendio è nota, la centrale è avvertita del luogo in cui si è manifestato l'incendio.

Fig. 22

Per varie ragioni è importante poter registrare le segnalazioni d'incendio. Possono servire a questo scopo dei *ricevitori Morse*, che segnano tanti punti quanti sono gl'impulsi trasmessi dalla ruota dell'avvisatore. Rimane così registrato automaticamente il numero dell'avvisatore azionato. Sulla striscia del ricevitore Morse vien stampata inoltre l'ora in cui è pervenuta la segnalazione. Invece di un ricevitore Morse, negl'impianti più moderni s'impiegano degli speciali *apparecchi registratori scriventi.*

Avvisatori automatici d'incendio e di pericolo.

Gli *avvisatori automatici d'incendio* si usano *nei locali pubblici, teatri, magazzini, stabilimenti, ecc.*

L'*avvisatore a saldatura fondente* (fig. 23) è costituito da *due lamine molleggianti* saldate assieme con una lega a basso punto di fusione. Quando la temperatura supera i 75° C, la saldatura fonde, interrompendo il circuito. Le due lamine sono inserite nel *circuito di riposo* di *un impianto d'allarme*, che entra in funzione non appena detto circuito di riposo è interrotto.

Avvisatore a saldatura fondente

Fig. 23

Avvisatore di massima

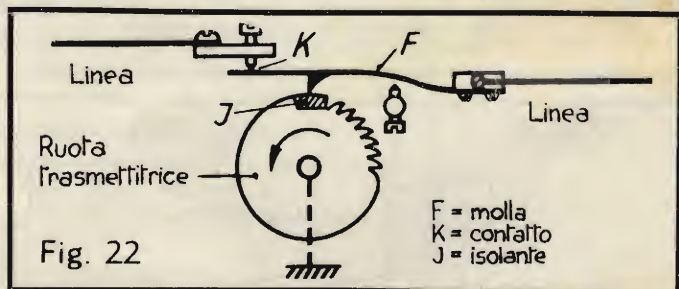
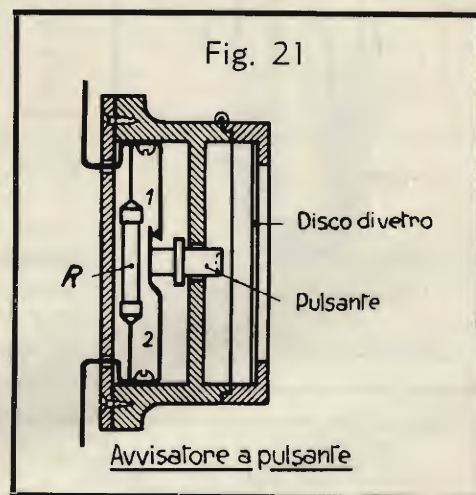
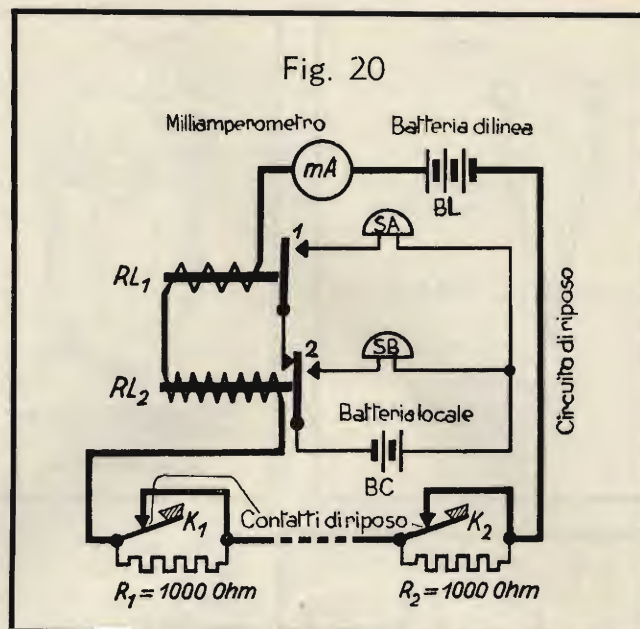
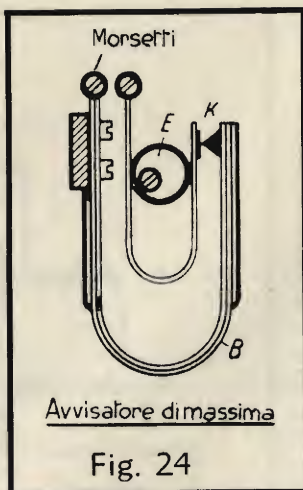



Fig. 24

L'*avvisatore di massima* (fig. 24) è costituito da un cosiddetto « *bimetallo B* », cioè da *due lamine di metalli differenti*, saldate assieme per il lungo.

Quando vengono riscaldate, le due lamine si dilatano in misura differente. Nell'interno è situato il metallo che si dilata di più, per cui il bimetallo si allarga, aprendo il *contatto K*. Parecchi di questi avvisatori vengono collegati in serie nel *circuito di riposo* di *un impianto d'allarme. Un eccentrico, E*, consente di regolare l'avvisatore, in modo che il contatto si apra ad una determinata temperatura dell'ambiente.

Fig. 25

a — b — c — Mercurio

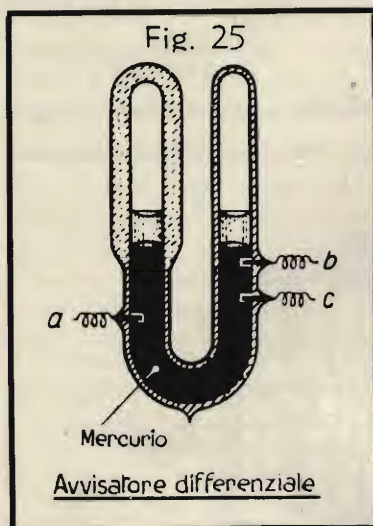
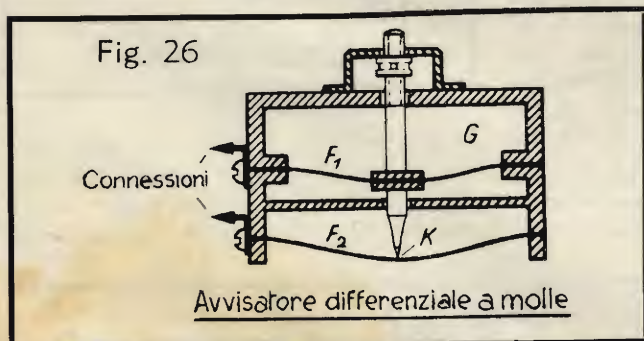
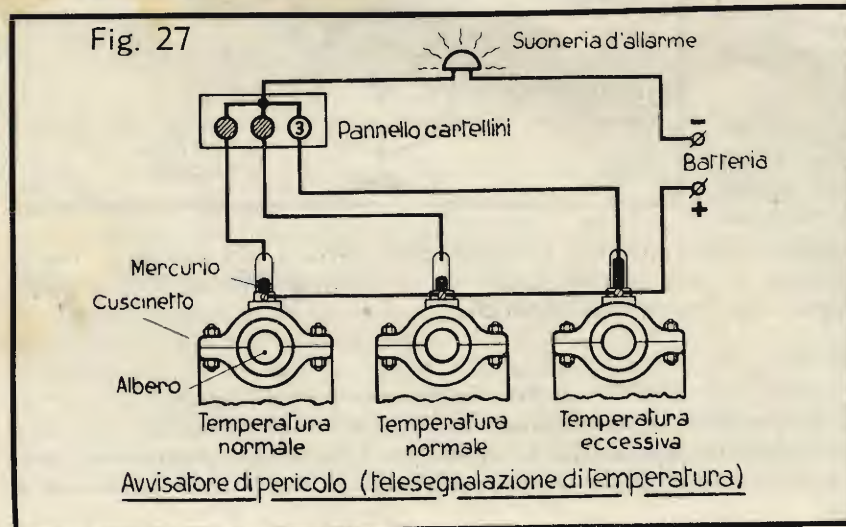
Avvisatore differenziale

L'*avvisatore differenziale* (fig. 25) è costituito da *un tubo di vetro a U* contenente *mercurio*. Sopra il mercurio, si trova *una piccola quantità di liquido facilmente evaporabile*. Uno dei rami del tubo possiede *una parete di spessore maggiore di quello* dell'altro ramo. Quando la temperatura dell'ambiente in cui si trova l'avvisatore aumenta lentamente, l'avvisatore non viene azionato perchè, evaporando uguale quantità di liquido in entrambi i rami, la pressione rimane uguale dalle due parti. Se invece la temperatura aumenta rapidamente, come avviene in caso d'incendio, il liquido contenuto nel ramo a parete sottile evapora molto più rapidamente di quello contenuto nell'altro ramo. Di conseguenza nel primo ramo si manifesta una sovrapressione, che provoca la salita del mercurio nell'altro ramo. Vengono aperti in tal modo i *due contatti di platino b* e *c*. Il *circuito di riposo*, al quale è allacciato l'avvisatore differenziale, fa capo ai contatti *a* e *b*. Si può far provocare un allarme preliminare dal contatto *b*, mentre l'apertura del contatto *c* fa entrare in funzione l'allarme principale. Quanto più rapido è l'aumento di temperatura, tanto più celermente funzionano tali contatti, indipendentemente dalla temperatura iniziale. Quando invece la temperatura aumenta lentamente, per esempio nel caso di combustioni senza fiamma, gli avvisatori di questo tipo non funzionano. Per questa ragione, in pratica, si preferisce sempre prevedere anche degli *avvisatori di massima*. La fig. 26 rappresenta un *avvisatore differenziale d'altro tipo*. Le *due molle* F_1 ed F_2 ne sono le parti principali. Quando la temperatura aumenta lentamente, le due molle si flettono in ugual misura ed il *contatto di riposo K* rimane chiuso. Se invece la temperatura sale rapidamente, la molla F_2 si dilata più celermente della molla F_1 racchiusa nella *custodia G*, interrompendo di conseguenza il contatto *K*.

Fig. 26

Connessioni — G — F_1 — F_2 — K

Avvisatore differenziale a molle

Misura elettrica a distanza della temperatura.

La fig. 27 rappresenta un impianto di segnalazione di pericolo basato sulla *misura a distanza della temperatura*. È necessario, ad es., controllare la temperatura dei supporti di macchine, affinchè questi non corrano pericolo di guastarsi per soverchio riscaldamento.

Avvisatore di pericolo (telesegnalazione di temperatura)

I *contatti a mercurio* sui supporti sono *connessi in parallelo* e *collegati col polo positivo di una batteria*. Quando un supporto si riscalda eccessivamente, il mercurio sale *nel bulbo fino* a far contatto con *un filo di platino* saldato nel vetro del bulbo. Rimane così chiuso un circuito che porta, da questo contatto, al polo negativo della *batteria*, attraversando *un dispositivo segnalatore a cartellini* ed *una suoneria d'allarme*. Il dispositivo a cartellini serve a segnalare di quale supporto si tratta.

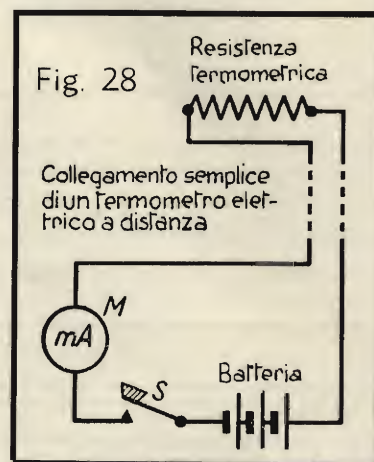
Termometri elettrici a resistenza.

Questi *termometri per misure a distanza* si giovano della proprietà dei materiali di aumentare di resistenza elettrica con la temperatura. Questo fenomeno vi è già stato spiegato nella Dispensa n. 9. Si pone quindi *una resistenza variabile con la temperatura* nel posto in cui si vuole appunto misurare la temperatura. Questa resistenza viene inserita in *un circuito* (fig. 28), nel quale si può allacciare, per esempio, anche *un milliamperometro*, potendosi in tal modo effettuare *la lettura a distanza della temperatura*. La scala del milliamperometro può infatti esser tarata direttamente in gradi centigradi.

Misura della temperatura per mezzo di termocoppie.

Com'è possibile generare calore per mezzo della corrente elettrica (p. es., nei ferri da stiro, nelle stufette elettriche, ecc.), così è *anche possibile ottenere una corrente elettrica per mezzo del calore*. Quando due metalli differenti vengono congiunti tra loro mediante una saldatura e questa viene riscaldata, essi costituiscono una cosiddetta « *termocoppia* », capace di erogare corrente elettrica. La tensione generata è però molto piccola, per cui le termocoppie s'impiegano generalmente soltanto *per scopi di misura*. Allacciando una siffatta termocoppia ad un millivoltmetro, la cui scala sia tarata in gradi centigradi, è possibile leggere direttamente la temperatura dell'ambiente nel quale si trova la saldatura (« *giunto caldo* ») della termocoppia. La tensione aumenta o diminuisce nel medesimo modo in cui sale o scende la temperatura.

Per le misure di temperatura (misure pirometriche) s'impiegano termocoppie composte dei seguenti metalli o leghe:

per temperature fino a 800° C: *ferro* e *costantana*;
per temperature fino a 1100° C: *nichel* e *nichelcromo*;
per temperature fino a 1600° C: *platino* e *platinorodio*.

TELEFONIA

La centrale telefonica

Nella precedente Dispensa abbiamo trattato del *selettore di linea*, constatando che questo sistema è sufficiente soltanto per un piccolo numero di utenti, situati vicendevolmente a distanze non rilevanti.

Non appena i singoli utenti sono disposti a distanze maggiori e si supera un certo numero di stazioni, è necessario affidare il compito di stabilire le comunicazioni tra i diversi utenti ad un apposito *centralino di smistamento*. Negl'impianti di questo genere ogni utente è collegato per mezzo di *una sola linea bipolare* con la *centrale*, ove viene allacciato, secondo sua richiesta, con un'altra linea. La centrale provvede quindi ad effettuare il collegamento tra gli utenti. Nelle centrali degl'impianti attualmente in uso si trovano le *batterie*, le *macchine per chiamata* e *per le segnalazioni*, *i contatori di comunicazioni* ed *altri organi analoghi*. Si distinguono fondamentalmente due specie di centrali: i *centralini manuali* ed i *centralini automatici*.

Il funzionamento dei due gruppi risulta dalla loro designazione. Si parla di « *centralini manuali* » quando i collegamenti vengono eseguiti *a mano*, conformemente al desiderio degli utenti chiamanti. Nel sistema *automatico* invece, oggi preponderante, l'utente chiamante è in grado di comandare direttamente, dal suo apparecchio, gli organi di commutazione della centrale e di collegarsi da solo con l'utente desiderato.

La centrale manuale.

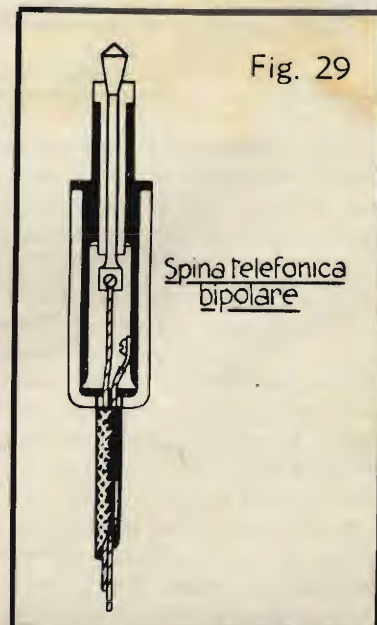
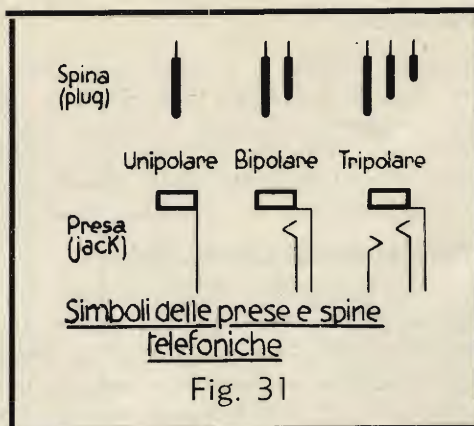
Nel servizio manuale occorre collegare tra loro due utenti per mezzo di un elemento di connessione. Si usano, come organi maneggevoli e sicuri di collegamento, le cosiddette « *spine* » e « *prese* ».

Spine e prese telefoniche.

La fig. 29 mostra com'è fatta una semplice *spina telefonica bipolare*, detta anche « *plug* » (leggi « plagh »). Un polo porta alla *punta metallica*, l'altro è collegato con l'*involucro*, isolato dalla punta. Il tutto ha una forma cilindrica, in modo che la spina si possa infilare facilmente nella presa, senza bisogno di particolari accorgimenti. La *presa*, detta anche « jack » (leggi « gecch ») è costituita da una *boccoletta metallica*, che costituisce un polo, e da una *lamina di contatto*, che costituisce l'altro polo. Questa molla a lamina è disposta in modo da far contatto con la punta della spina, agganciandosi alla parte conica posteriore della stessa ed impedendo in tal modo alla spina di sfilarsi (fig. 30). All'atto dell'introduzione della spina nella presa la molla viene spostata e si possono realizzare a questo modo vari generi di commutazioni. È possibile, per esempio, interrompere un contatto, preesistente tra questa molla ed un'altra, oppure, inversamente, stabilirlo. La medesima operazione si può effettuare anche con più poli, dato che esistono anche *spine multipolari*. La fig. 30 mostra, p. es., una *spina tripolare* con contatto di scambio.

I *simboli* delle differenti spine e prese sono riportati nella fig. 31. Le spine

Sezione di una presa telefonica con spina innestata
Fig. 30

Simboli delle prese e spine telefoniche
Fig. 31

sono collegate a due a due per mezzo di appositi *conduttori*, i cosiddetti « *cordoni* », contenuti nell'armadio del centralino. Per eseguire il collegamento non si fa altro che infilare le due spine del medesimo cordone nelle prese dei due utenti.

Occorre naturalmente che l'utente, il quale desidera ottenere una comunicazione, possa farsi notaredal personale di servizio della centrale. In passato si usavano a questo scopo dei *relè a sportellino cadente,* dei quali non occorre che ci occupiamo, dato che oggi non si trovano più che nei centralini antiquati. Attualmente, per detti scopi di segnalazione, si usano esclusivamente delle *lampadine.*

Il centralino telefonico manuale.

Fig. 32

Centralino telefonico manuale

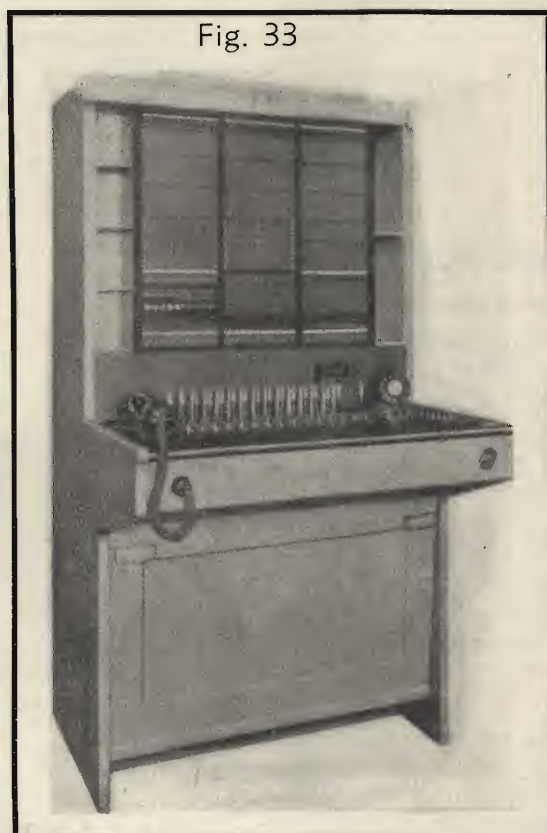
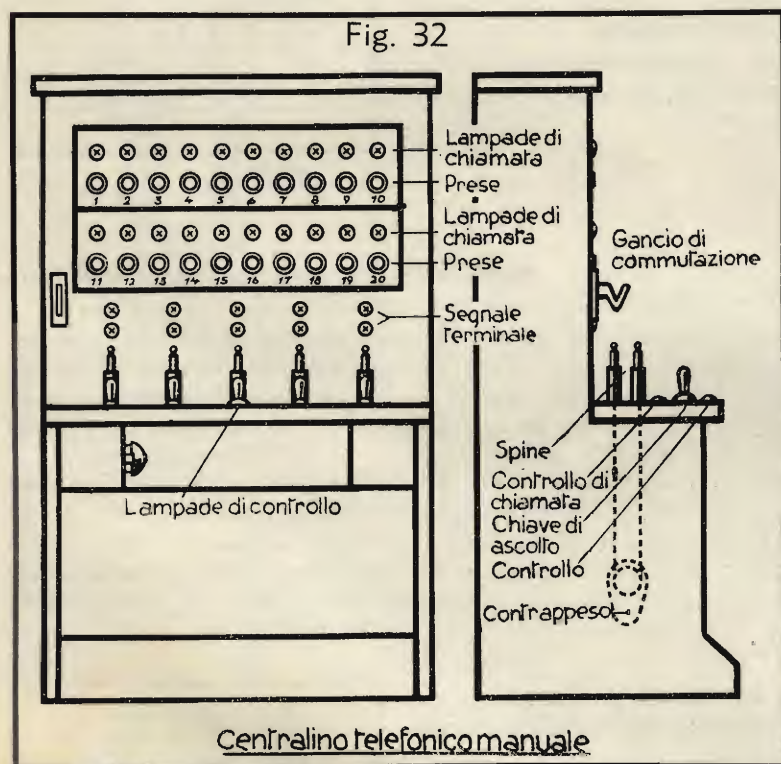
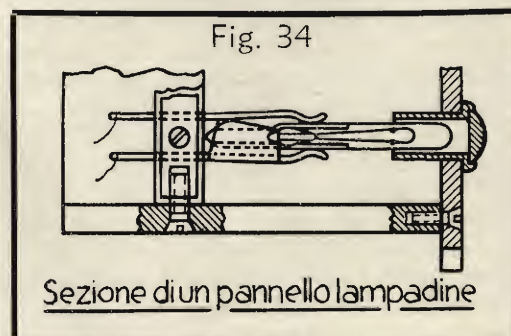



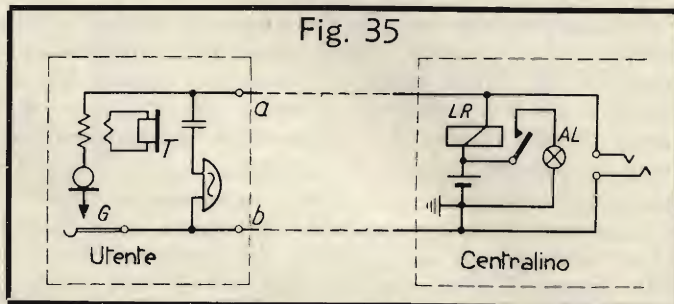
Fig. 33

La fig. 32 rappresenta schematicamente un *centralino manuale con lampadine.* I collegamenti si realizzano mediante *commutatori a levetta* e *cordoni con spine.* Le segnalazioni vengono date dalle lampadine. La fig. 33 mostra la fotografia di un centralino di costruzione della « Albiswerke Zürich AG ». Si osservano le piccole lampadine sopra le file delle prese. Sopra i pannelli occupati da prese si trova dell'altro spazio disponibile, previsto nell'eventualità di un ampliamento della centrale.

Nella fig. 34 si vede in sezione il montaggio di una piccola lampadina. Queste minuscole lampadine hanno un diametro di soli 8 mm, in modo da poter riunire, nel ristretto spazio disponibile, il maggior numero di lampadine. Le lampadine sono coperte anteriormente da *vetrini semisferici* (lenti), di colore differente secondo lo scopo a cui sono adibite. Queste lampadine sono dotate generalmente di *due diversi filamenti* collegati in parallelo. Quando il filamento più acceso si brucia, resta ancora percepibile la luminescenza meno intensa dovuta al secondo filamento, la quale, mentre attua la solita segnalazione, avverte pure che è necessario sostituire la lampadina. Questo dispositivo aumenta notevolmente la sicurezza d'esercizio dell'impianto.

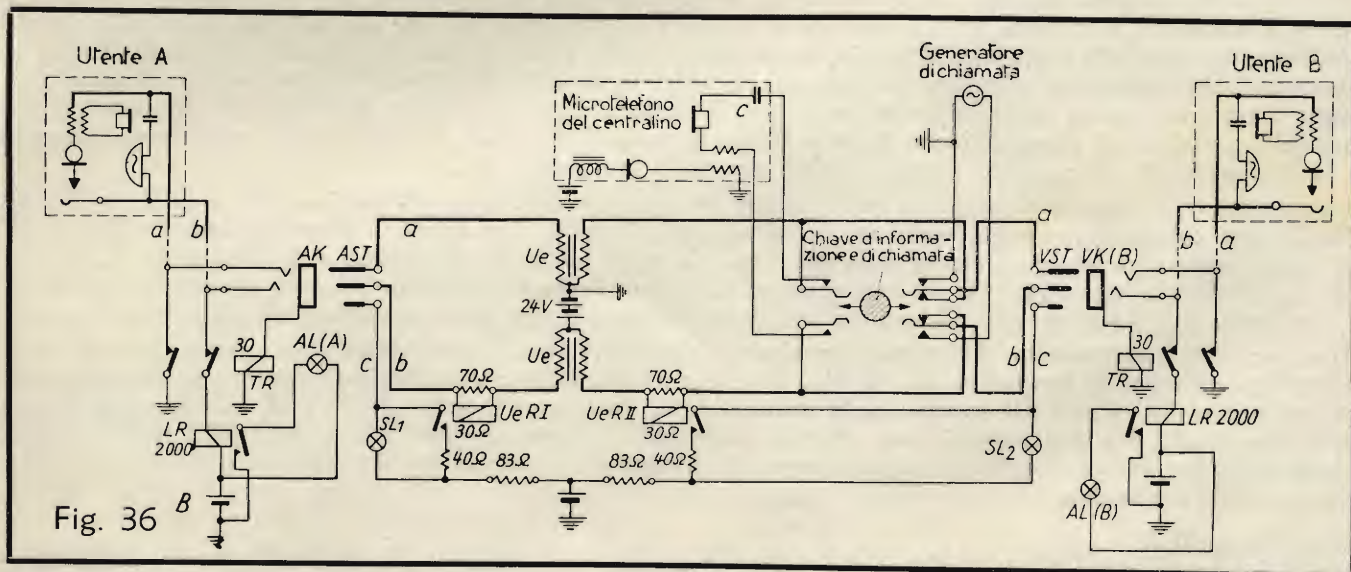
Fig. 34

Sezione di un pannello lampadine

Lo schema di un centralino.

Dopo aver conosciuto le parti principali di un centralino manuale, osserviamone uno schema semplificato. Come già sapete, si evita, in pratica, di alimentare delle lampadine, sia pur piccole, attraverso una lunga linea; è indispensabile quindi l'adozione di un *relè*. Per ogni utente occorre quindi un'attrezzatura conforme a quella della fig. 35. Osserviamo brevemente l'apparecchio dell'utente. Esso comprende il microfono col telefono *T* allacciato attraverso la bobina d'induzione e l'interruttore a forcella *G*. Il modo di collegamento della suoneria costituisce un'interessante applicazione della separazione della corrente continua dall'alternata, per mezzo di un condensatore. La corrente alternata di chiamata, destinata ad eccitare la suoneria, attraversa quest'ultima passando per il condensatore, anche se il ricevitore non è stato distaccato e l'interruttore a forcella è quindi aperto. Il relè *LR*, invece, è eccitato dalla corrente proveniente dalla batteria, ma soltanto nel momento in cui, sollevato il ricevitore, la corrente continua trova la via aperta attraverso al microfono ed alla bobina d'induzione. Con ciò abbiamo già determinato il funzionamento dell'impianto: l'utente solleva infatti il microtelefono, il relè *LR* si eccita ed accende la cosiddetta « *lampadina di chiamata* » *AL*. L'operatrice del centralino possiede anch'essa un microtelefono, completo di batteria microfonica e di bobina d'induzione ed allacciato ad un cordone con spina, che essa inserisce nella boccola dell'utente chiamante. L'operatrice ha in tal modo la possibilità di parlare con l'utente e di farsi dire il numero col quale desidera esser collegato. Quest'operazione si chiama, in linguaggio tecnico, « *informazione* ». I due utenti vengono quindi collegati tra loro e allacciati nello stesso tempo alla batteria microfonica, dopo di che si svolge la conversazione. Effettivamente un impianto reale è un po' più complicato di quello ora descritto (vedasi fig. 36 più sotto).

Nella fig. 36 si riconoscono, a destra ed a sinistra, gli *apparecchi degli utenti*, uguali a quello della fig. 35. Ora però viene qualcosa di nuovo. Oltre alla *linea di due fili*, che designeremo con *a* e *b*, proveniente dagli utenti, c'è infatti nella centrale *un terzo filo*, il cosiddetto « *conduttore* », *c*, che serve per effettuare determinate commutazioni nella centrale e per provocare delle segnalazioni.

Per esser in grado di leggere correttamente e di comprendere gli schemi, è necessario conoscere alcune convenzioni.

I contatti di relè sono sempre disegnati nella posizione in cui si trovano, quando il rispettivo avvolgimento non è percorso dalla corrente. I contatti di riposo sono quindi disegnati sempre chiusi, quelli di lavoro, aperti. (Rileggete a questo proposito quanto abbiamo esposto nella Dispensa N. 2 e nella Dispensa N. 7).

Si fanno delle eccezioni solamente nel caso che si voglia rappresentare un particolare istante di funzionamento. C'è poi una convenzione che forse vi sorprenderà. Nella fig. 36 sono disegnate varie batterie. Naturalmente nella centrale esiste una sola, grossa batteria. Poichè però lo schema risulterebbe troppo confuso se vi fossero tracciati numerosi collegamenti con la medesima batteria, si preferisce ripetere il simbolo della batteria nei differenti punti d'alimentazione.

Il circuito.

Seguiamo ora lo schema con attenzione.

L'utente A desidera effettuare una conversazione e solleva il ricevitore dalla forcella. In questo istante rimane chiuso il seguente *circuito*: *Polo negativo della batteria B — relè LR* (2000) *— contatto di destra del relè TR — filo b — apparecchio dell'utente* A *(forcella, microfono, bobina d'induzione) — filo a — contatto di sini-*

stra del relè TR — terra, ossia *batteria* (perchè il polo positivo della batteria è sempre messo a terra). Il circuito risulta pertanto chiuso.

Il relè *LR* 2000 si eccita e di conseguenza si accende la *lampadina AL*, avvertendo l'operatrice del centralino che l'utente A desidera una comunicazione. L'operatrice introduce allora la *spina d'informazione AST* dell'*apparecchio di collegamento*, contenuto nella parte anteriore del centralino, nella *presa AK* dell'utente chiamante. Contemporaneamente vengono provocate alcune commutazioni per mezzo del *filo c*. Seguite ora il circuito del filo *c*:

Polo negativo della batteria (in basso nel centro) — attraverso la *resistenza* di 83 ohm e la *lampada di segnalazione* SL_1 al *contatto c* della *spina AST — boccola AK — relè TR* 30 — *terra*, ossia *polo positivo della batteria*. Il relè *TR* si eccita e separa per mezzo dei suoi due contatti i fili *a* e *b* della linea, dalla terra e dalla batteria. La lampadina di chiamata *AL* si spegne, poichè il relè *LR* 2000 rimane senza corrente. Ciò è necessario, affinchè l'operatrice sappia quali collegamenti ha già effettuato; le lampadine accese devono indicare soltanto le chiamate ancora da smistare.

Assieme al collegamento del filo *c* attraverso la spina *AST* e la boccola *AK*, attraverso la suddetta spina *AST* avviene pure il collegamento dei fili *a* e *b* della linea dell'utente. Come vedete, l'utente è ora collegato attraverso entrambi gli avvolgimenti del *traslatore Ue* alla batteria da 24 V, il cui simbolo si vede nel mezzo della figura. L'alimentazione iniziale, che nel frattempo è stata distaccata dal relè *TR*, il cosiddetto « *relè di separazione* », non occorre quindi più.

Nel nuovo circuito d'alimentazione si trova, in basso a sinistra, *una resistenza da 70 ohm* e parallelamente ad essa *un relè, Ue RI*, che viene quindi eccitato anch'esso. La *lampadina* SL_1, con una resistenza di 40 Ω, non fa quindi nemmeno in tempo ad accendersi; contrariamente a quanto abbiamo detto più sopra. L'operatrice commuta ora la chiavetta d'informazione e di chiamata (una levetta situata sul tavolo del centralino), spostandola verso sinistra, e si mette in tal modo in comunicazione con l'utente chiamante per averne le disposizioni.

Il *condensatore* nell'*apparecchiatura d'ascolto* dell'operatrice serve ad un duplice scopo. In primo luogo impedisce alla corrente continua d'attraversare il ricevitore telefonico. Secondariamente, permette all'operatrice di constatare se un utente è occupato. Quest'ultimo scopo serve soltanto per i pannelli multipli nei quali, come vedremo nel paragrafo successivo, ogni utente è allacciato a più prese, collegate in parallelo; infatti nel caso di una presa unica si vede subito se nella stessa è infilata una spina o no.

Per verificare se un utente è occupato, l'operatrice tocca con la punta della *spina VST* la *boccola VK* (filo *c*) della presa dell'utente richiesto. Se questo è già occupato, attraverso al relativo filo *c* passa della corrente e di conseguenza la boccola *VK* non si trova più alla tensione della terra. In tal caso l'operatrice ode nel suo ricevitore un crepitio dovuto alla carica del condensatore, ed è così avvertita che l'utente è occupato. Se invece l'utente è libero, la boccola *VK* si trova alla tensione della terra, l'operatrice non ode nulla e può proseguire nell'operazione di collegamento, infilando a fondo la spina. In molti impianti si usano anche delle cosiddette « *lampade di occupato* », che accendendosi brevemente indicano che l'utente ha già in corso una conversazione.

Mentre si trova col proprio apparecchio inserito in linea attraverso la *chiavetta d'informazione e di chiamata*, l'operatrice constata quindi che l'utente richiesto è libero, ed infila la spina *VST* nella presa *VK* (B). Si eccita allora (attraverso al filo *c*) il relè di separazione *TR* dell'utente richiesto. I contatti di questo relè separano il relè *LR*, rendendo impossibile l'accensione della *lampada di chiamata AL* (B). La tensione della batteria viene ora addotta all'utente B attraverso gli avvolgimenti del traslatore *Ue*. Occorre a questo punto effettuare la chiamata dell'utente B. La centrale è dotata a questo scopo di una *speciale macchina di chiamata* che eroga corrente alla frequenza di 25 Hz, come un induttore a manovella. Spostando per breve tempo la chiavetta verso destra, la macchina di chiamata fa agire la suoneria dell'utente B. Durante la chiamata l'utente A resta distaccato dalla linea, per non esser disturbato dalla corrente di chiamata. La chiavetta ritorna poi nella posizione di riposo. Finchè l'utente B non distacca il ricevitore, il *relè Ue RII* rimane senza corrente e la *lampadina* SL_2 è pertanto accesa, a differenza della lampadina SL_1.

Ecco il relativo circuito: *Polo negativo della batteria da 24 V* (in basso) — *83 ohm* — SL_2 — *VK* — *TR* 30 (dell'utente chiamato) — *terra*, ossia *polo positivo della batteria*. Non appena l'utente chiamato solleva il ricevitore, comincia a passare corrente nella sua linea. Si eccita allora il relè *Ue RII* e la lampadina SL_2 si spegne. Ciò indica all'operatrice che la conversazione è iniziata e che non occorre pertanto ripetere la chiamata. I due utenti A e B possono ora parlare tra loro; come vedete, il circuito è perfettamente simmetrico.

Alla fine della conversazione gli utenti appendono i ricevitori; le due linee rimangono prive di corrente e si accendono entrambe le lampadine SL_1 ed SL_2, dette per questa ragione « *lampade di fine conversazione* ». L'operatrice è avvertita così del termine della conversazione; essa estrae le spine *AST* e *VST* ed abbandona il cordone che, tirato dal contrappeso, come si vede nella fig. 32, scompare nel tavolo lasciando sporgere solamente le punte delle spine. Viene interrotto così il circuito d'eccitazione dei due relè di separazione e tutto ritorna nello stato iniziale.

Pannelli multipli.

Nelle piccole centrali, ove il numero degli utenti è limitato, è possibile collegare tra loro due utenti qualsiasi senza difficoltà, poichè tutte le prese occupano soltanto uno o due posti di lavoro e la lunghezza dei cordoni è quindi sufficiente per arrivare in qualsiasi caso da una presa all'altra. Nelle grandi centrali, che impiegano numerosi operatrici, è necessario prevedere dei cosiddetti « *pannelli multipli* ».

Supponiamo per esempio che la centrale abbia 10 000 utenti e che ciascuna operatrice ne debba servire 100. Occorrono allora 100 posti di lavoro. La fig. 37 mostra una parte di un'intelaiatura a pannelli multipli di que-

sto genere. Ogni intelaiatura serve per tre posti di lavoro. Ciascuna operatrice deve avere la possibilità di collegare ognuno dei 100 utenti, che le sono assegnati, con ognuno dei rimanenti 9999 utenti. Per far ciò occorre che in ogni intelaiatura siano accessibili le prese di tutti quanti gli utenti. Con 10 000 utenti, 100 posti di lavoro e 34 intelaiature occorre quindi che da ciascuna linea siano derivate 34 prese di collegamento, oltre alla presa d'informazione ed agli organi di chiamata.

Fig. 37

V

Vi

A

St

C

Telaio I

Telaio II

D

Intelaiatura multipla di prese e spine

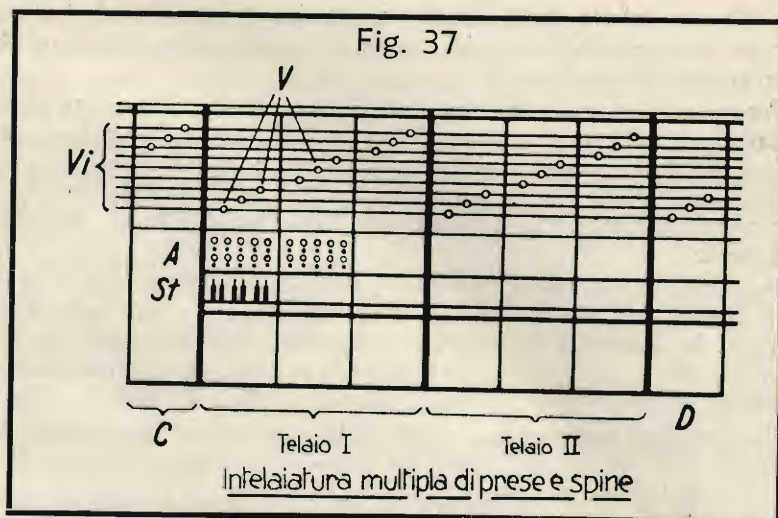
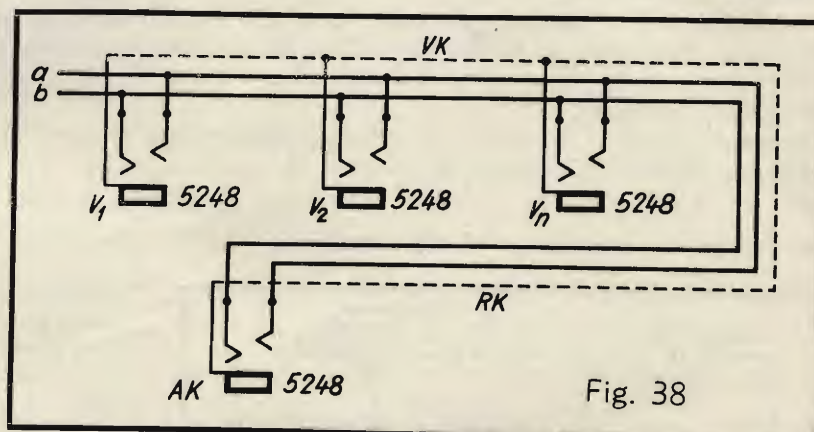
Nella fig. 37 sono indicate schematicamente (Vi) le *linee che attraversano tutta la centrale* a pannelli multipli, portando in ogni intelaiatura, in determinate posizioni, le prese V.

Nella fig. 38 è schizzato un particolare dello schema. I fili a e b provenienti dall'utente, che supponiamo abbia il N. 5248, passano dalle *prese multiple* V_1, V_2, ecc., fino a V_n (rispettivamente nell'intelaiatura I, II, ecc.), e giungono quindi alla *presa d'informazione* AK N. 5248. In ogni intelaiatura di pannelli multipli, di una centrale completa di 10 000 utenti, sono quindi contenute tutte le 10 000 prese; l'identica disposizione si ripete in ciascuna intelaiatura. Davanti al posto di ciascuna operatrice si trovano pertanto circa 3333 prese multiple; l'operatrice dev'essere in grado di raggiungere, dal suo posto, qualunque presa del proprio posto e dei due posti adiacenti. La prima e l'ultima operatrice di una fila d'intelaiature dispone a sinistra, rispettivamente a destra, di un'*intelaiatura aggiuntiva*, C, risp. D (fig. 37), sulla quale si trovano le prese del terzo mancante.

Fig. 38

In certi casi ciascuna presa multipla viene pure dotata di una *lampadina d'occupato* (A) dalla quale risulta se il rispettivo utente è libero o no. Queste lampadine s'illuminano in ciascuna intelaiatura nel momento in cui avviene la chiamata da parte di un utente, o quando questo viene collegato; si spengono al termine della conversazione.

Domande

1. Perchè le lampadine dei centralini telefonici posseggono generalmente due filamenti collegati in parallelo?
2. Qual è la causa che provoca l'accensione della lampadina SL_2 al termine della conversazione? (fig. 36).
3. In quali casi occorre installare un cosiddetto « *sistema a pannelli multipli* »?

Risposte

1. Le lampadine hanno due filamenti collegati in parallelo (uno dei quali s'illumina meno intensamente) affinchè si possa notare subito se il filamento più chiaro è bruciato.
2. Appendendo il ricevitore alla forcella il circuito rimane interrotto. Si diseccita quindi il relè *Ue RII*, togliendo il corto circuito dalla lampada SL_2, la quale si accende.
3. Occorre installare i pannelli multipli quando il numero degli utenti è così grande che le comunicazioni non possono esser smistate soltanto da due o tre posti di lavoro.

TECNICA DELLE MISURE

Sensibilità e precisione degli strumenti di misura

Esistono due concetti fondamentali, che caratterizzano gli strumenti ed i circuiti di misura e che sono, purtroppo, soggetti ad una confusione continua: si tratta dei concetti di *sensibilità* e di *precisione*. Vogliamo perciò chiarire bene in che essi differiscono.

Cominciamo con la *sensibilità*. È la stessa cosa come nella vita: si dice che una persona è *sensibile*, quando reagisce al più piccolo stimolo. La sensibilità è caratterizzata pertanto dal rapporto tra l'effetto ottenuto e la causa che lo provoca. Per esempio, la sensibilità di un milliamperometro si può esprimere per mezzo dell'escursione, ossia dello spostamento, dell'indice, determinato da un'intensità di corrente di 1 mA.

Il concetto di *precisione* è invece strettamente collegato con quello della *riproducibilità*. Ciò significa, per esempio, che un voltmetro, ai morsetti del quale è allacciata la tensione di 210 volt, deve indicare sempre esattamente questo valore e non per caso una volta 208 V, un'altra 212 o addirittura 215 V. L'indicazione non

dev'essere falsata da possibili effetti disturbanti. Naturalmente si richiede sempre una certa cura nell'eseguire le misure e, in pratica, occorre ammettere certe *tolleranze*, che dipendono ovviamente dalla qualità delle apparecchiature usate.

Per queste ragioni sono state introdotte nell'uso differenti *classi di precisione* o *di bontà*, valevoli per gli strumenti indicatori. *Queste classi sono distinte dal massimo errore ammissibile, espresso in percento del valore di fondo scala considerato.* Vi diremo subito che queste classi di precisione ammettono, per gli strumenti universali d'uso comune, *un errore dell'1 % per le misure di corrente continua* e *dell'1,5 % per quelle di corrente alternata*. Ciò è importante da sapersi per l'uso degli strumenti e l'utilizzazione dei risultati delle misure.

Poniamo, per esempio, che uno strumento a bobina mobile (solo per corrente continua) appartenga alla classe di errore 1 %. Quali sono gli errori ammessi per una misura di 150 V? 1 % di 150 volt è uguale a 1,5 volt. Tutte le misure fatte con tale strumento hanno quindi una precisione di più o meno 1,5 volt. Quando esso indica 150 V, a meno di controllare la misura con uno strumento più preciso, non sappiamo se la tensione ammonta esattamente a 150 volt, oppure a 148,5 V, 149 V, 150,5 V oppure 151,5 V.

Un semplice ragionamento porta alla conclusione che l'indeterminatezza della misura è proporzionalmente molto più elevata all'inizio della scala, che verso la fine. Ecco quindi una buona regola:

> *Il campo di misura di uno strumento va sempre scelto in modo che l'indicazione cada nell'ultimo terzo della scala.*

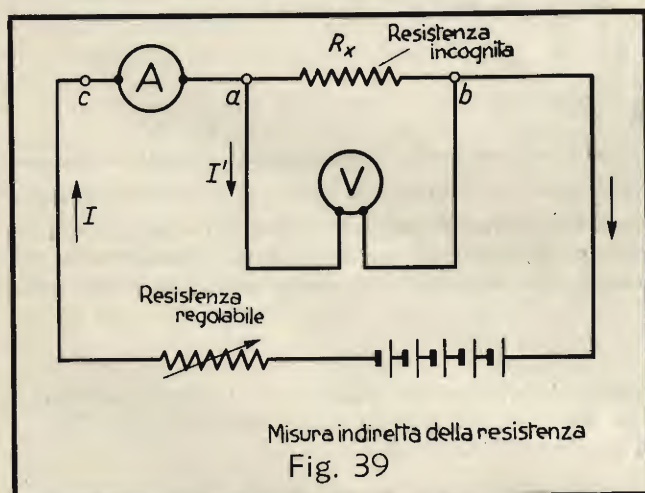
Misure di resistenza.

In relazione agli strumenti universali, avete già conosciuto un sistema semplice per misurare il valore di una resistenza (Dispensa N. 8, fig. 31-c). È ovvio che una resistenza possa esser determinata anche con l'aiuto di un voltmetro e di un amperometro. Questo modo di misurare costituisce

Il metodo indiretto.

Occorrono, oltre al *voltmetro* ed all'*amperometro*, una *sorgente di corrente* ed una *resistenza regolabile*, che permetta di dare all'intensità di corrente un valore adeguato. Lo schema del dispositivo è riportato nella figura 39. L'amperometro A indica la corrente I, mentre il voltmetro V indica la tensione ai morsetti a e b.

La resistenza incognita si calcola secondo la legge di Ohm ed è: $R_x = \frac{V}{I}$.

Misura indiretta della resistenza
Fig. 39

Il presupposto, perchè il procedimento possa esser applicato, è che la resistenza propria del voltmetro sia molto grande in confronto ad R_x. Solo in questo caso è lecito trascurare la corrente I' che attraversa il voltmetro. In caso contrario bisogna allacciare il voltmetro, invece che al morsetto a, al morsetto c; il voltmetro indicherà allora però, oltre alla caduta di tensione in R_x, anche quella nell'amperometro. In entrambi i casi c'è quindi un piccolo errore di misura. I risultati si possono naturalmente correggere, conoscendo le resistenze interne degli strumenti adoperati. Si considera infatti il consumo di corrente del voltmetro, oppure la caduta di tensione dell'amperometro.

Mediante la resistenza regolabile, l'intensità di corrente può esser stabilita ad un valore qualsiasi. Anche i valori della tensione variano corrispondentemente. Il valore della resistenza, calcolato in base alla legge di Ohm, dovrebbe esser sempre lo stesso. Se ciò non è, si prende la media di differenti misure.

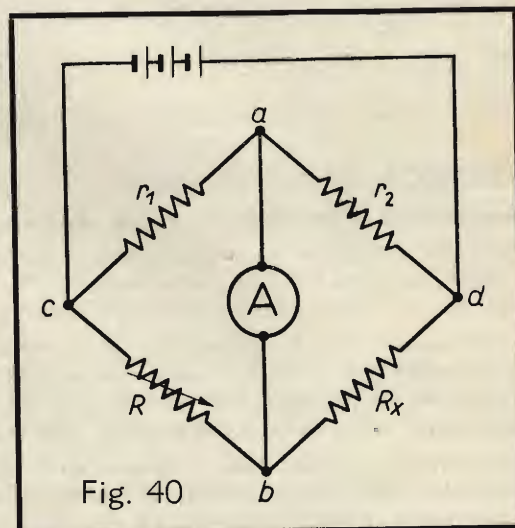
Questo metodo di misura è chiamato « *indiretto* », perchè prima si determinano la corrente e la tensione e si calcola da queste, e quindi per via indiretta, il valore della resistenza.

A prescindere dalle difficoltà soprammenzionate, sapete già, da quanto abbiamo detto in merito alla precisione degli strumenti di misura, che il metodo indiretto non consente una determinazione veramente esatta della resistenza. Poichè però è possibile fabbricare le resistenze con grande precisione, si è cercato un metodo di misura più perfetto. Esso è stato trovato dal fisico inglese Wheatstone (leggi uitston).

Il ponte di Wheatstone.

Nella fig. 40 abbiamo 4 resistenze, collegate in modo da formare i lati di un quadrato. Nei punti c e d è allacciata una sorgente di corrente, mentre i punti a e b sono collegati con un *amperometro* (galvanometro) *A ad elevata sensibilità*.

Se il rapporto tra r_1 ed r_2 è stato fissato in modo favorevole, è possibile regolare la *resistenza variabile R* in modo che il galvanome-

Fig. 40

tro venga a trovarsi sullo zero e non sussista quindi alcuna tensione tra i punti a e b.

In questo caso bisogna che le cadute di tensione, dai punti d'applicazione della batteria ai punti a e b, siano uguali. In altre parole, la tensione V_{ca} dev'essere uguale a V_{cb}, e così pure $V_{ad} = V_{bd}$.
(V_{ca} indica, p. es., la tensione del punto c rispetto al punto a, ecc.).

Dato il presupposto da noi fatto, che cioè non passi alcuna corrente nel galvanometro, deve ovviamente passare la medesima corrente nelle resistenze r_1 ed r_2: la chiamiamo i_1. La stessa cosa vale per le resistenze R ed R_x: la corrente che le attraversa sia i_2.

Possiamo pertanto esprimere le tensioni soprammenzionate servendoci delle correnti i_1 ed i_2.

Abbiamo quindi: $V_{ca} = r_1 \cdot i_1$; $V_{cb} = R \cdot i_2$; $V_{ad} = r_2 \cdot i_1$; $V_{bd} = R_x \cdot i_2$

La condizione necessaria affinchè il galvanometro sia privo di corrente è, come abbiamo già visto:

$$V_{ca} = V_{cb} \quad \text{e} \quad V_{ad} = V_{bd}$$

Poniamo in luogo delle sigle le espressioni ora trovate: $r_1 \cdot i_1 = R \cdot i_2$; $r_2 \cdot i_1 = R_x \cdot i_2$.

Da queste due equazioni si deduce, con l'aiuto delle regole sulle proporzioni riportate nella Dispensa N. 9:

$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R}{r_1}$ = , ossia: $i_1 : i_2 = R : r_1$ e $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_x}{r_2}$, ossia: $i_1 : i_2 = R_x : r_2$

Con l'occasione impariamo ora una regola importante:

▌ *Due grandezze uguali ad una terza sono uguali tra loro.*

Poichè abbiamo trovato che $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R}{r_1}$ e $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_x}{r_2}$, possiamo dedurre che $\frac{R}{r_1} = \frac{R_x}{r_2}$.

Questa è la cosiddetta « *condizione d'equilibrio del ponte* », importante formula che, risolta per R_x, diventa:

$$R_x = \frac{R \cdot r_2}{r_1}$$ . . . . Formula (42)

Le resistenze r_1 ed r_2 si chiamano « *resistenze di rapporto* », poichè il risultato della misura dipende, oltrechè dal valore fissato sulla resistenza variabile R, anche dal rapporto $\frac{r_2}{r_1}$, come risulta dalla formula (42). Questo rapporto, detto « *rapporto del ponte* », viene scelto di caso in caso, secondo il valore approssimativo della resistenza da determinare. Se questa è molto piccola, conviene fare il rapporto $\frac{r_2}{r_1}$ inferiore ad 1, per esempio $\frac{r_2}{r_1} = \frac{10 \text{ ohm}}{1000 \text{ ohm}} = \frac{1}{100}$. Dovendo invece misurare resistenze maggiori di 10 000 ohm, si fa $\frac{r_2}{r_1}$ maggiore di 1, scegliendo r_2 grande ed r_1 piccolo.

Un buon *ponte di Wheatstone* consente di misurare le resistenze con una precisione di frazioni di millesimi; infatti questo sistema di misura non è influenzato da eventuali errori dello strumento, dato che questo viene azzerato.

Resistenze di misura.

Per misure di precisione s'impiegano resistenze di misura fabbricate in *manganina*. Questo materiale possiede un coefficiente di temperatura piccolissimo (v. Dispensa N. 9, ed assicura pertanto un'ottima costanza dei valori ohmici.

Ciò è assai importante, poichè le misure esatte sono possibili soltanto a condizione che le resistenze di confronto siano note e rimangano inalterate in tutte le condizioni d'impiego.

I fili di *manganina* sono avvolti su *bobine*; parecchie di queste bobine, di differente resistenza, sono riunite in una *cassetta* (fig. 41). Sul pannello della cassetta si trova *una sbarra di rame, tagliata tante volte quante sono le bobine contenute nella cassetta.* In ciascun intaglio della sbarra è praticato *un foro conico* nel quale si può innestare un apposito *spinotto d'ottone* o *di rame*. Quando lo spinotto è estratto, la bobina giacente tra le due corrispondenti sezioni della sbarra rimane inserita nel circuito; quando invece lo spinotto è introdotto nel foro, la bobina è cortocircuitata. Se tutti gli spinotti sono estratti, la corrente, per passare dal morsetto S_1 al morsetto S_2, deve attraversare tutte quante le bobine della cassetta. La resistenza tra S_1 ed S_2 è uguale alla somma di tutte le resistenze; nel nostro caso (fig. 41) essa è 1000 + 500 + 100 + 10 = 1610 ohm. Se innestiamo lo spinotto 1 nel primo intaglio della barra, cortocircuitiamo la prima bobina (1000 ohm); la corrente non attraversa quindi più tale bobina. La resistenza tra S_1 ed S_2 è allora uguale a: 500 + 100 + 10 = 610 ohm.

È chiaro che una *resistenza a spinotti* di questo genere permette di formare differenti valori di resistenza.

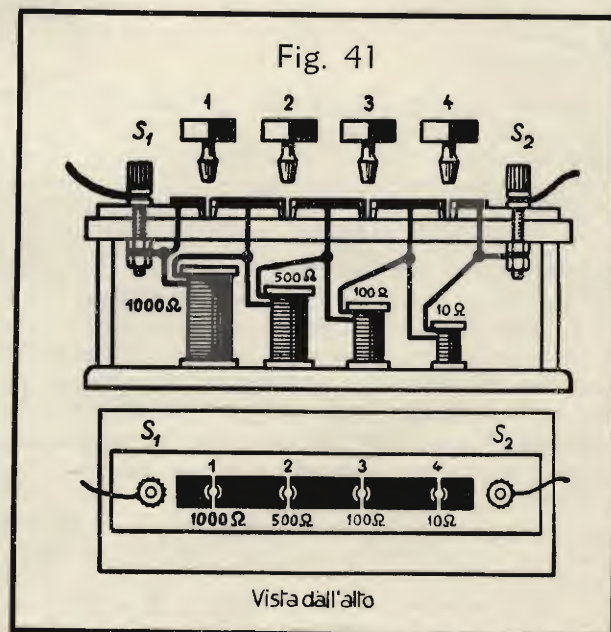



Fig. 42

Nella fig. 42 è visibile una cassetta di resistenze di confronto del tipo ora descritto, ma con molti spinotti, in modo da permettere numerose combinazioni.

Molto pratiche sono anche le cosiddette « *resistenze decadiche* » a commutatore. Esse contengono per ogni cosiddetta « *decade* » *nove resistenze uguali* (e *per la decade più piccola dieci*), collegate in serie e allacciate *a contatti disposti a semicerchio*, sopra i quali scorre *la spazzola del commutatore*. La corrente entra in corrispondenza al contatto dello zero ed esce dal contatto della spazzola.

Nella fig. 43 è rappresentata schematicamente una batteria di tre decadi. Molto usate sono le resistenze a 5 decadi, composte come segue:

1ª decade:	9 volte	1000 Ω	=	9000 Ω
2ª decade:	9 volte	100 Ω	=	900 Ω
3ª decade:	9 volte	10 Ω	=	90 Ω
4ª decade:	9 volte	1 Ω	=	9 Ω
5ª decade:	10 volte	0,1 Ω	=	1 Ω
		Totale	=	10000 Ω

9×100 Ω　9×10 Ω　10×1 Ω

J　J

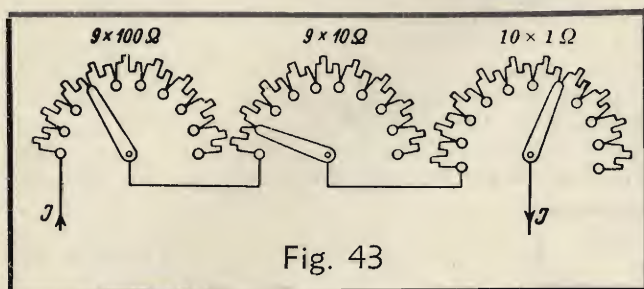



Fig. 43

Esamineremo nella prossima Dispensa alcuni altri metodi di misura delle resistenze. Dedicheremo ora, invece, la nostra attenzione alle valvole termoioniche ed al loro uso come amplificatrici, per approfondire le nozioni già acquisite sull'argomento.

RADIOTECNICA

La valvola termoionica come amplificatrice

Il valore dell'amplificazione.

Dopo aver stabilito ed ampliato le vostre conoscenze sulle valvole termoioniche nelle Dispense precedenti, osservate ora le valvole mentre funzionano. *Il compito della valvola consiste nell'amplificare: una piccola causa deve provocare un grosso effetto.* Più precisamente: *una piccola tensione alternata di griglia deve provocare forti variazioni della corrente anodica, ossia un'intensa corrente alternata nel circuito anodico.*

In tutti i ragionamenti che abbiamo fatto finora, abbiamo parlato sempre della *tensione* alternata di griglia e della *corrente* alternata di placca. Si tratta dunque di due grandezze di natura differente, che non si possono pertanto paragonare tra loro. Non è infatti possibile dire che 10 mA siano maggiori di 5 volt, come 5 kg non si possono paragonare con 10 m. Eppure si dovrebbe poter indicare *l'amplificazione sotto forma di rapporto*, ma in che modo?

Comunque ci sono alcune cose evidenti. La tensione erogata da un rivelatore fonografico basta a malapena per esser udita in una cuffia telefonica, mentre allacciando un altoparlante non si udirebbe nulla. Per far risuonare un altoparlante ad oscillazione libera (Dispensa N. 8), occorre inserirlo nel *circuito anodico* di una valvola amplificatrice ed applicare la debole tensione acustica, erogata dal rivelatore fonografico, tra la *griglia* ed il *catodo* della valvola stessa. Per provocare l'oscillazione della membrana dell'altoparlante occorre evidentemente una *potenza*, fornita dalla corrente alternata anodica. Tuttavia non è nemmeno possibile paragonare questa potenza con una potenza applicata alla griglia, poichè questa non esiste. Infatti lo scopo della polarizzazione di griglia è di sopprimere qualsiasi corrente di griglia, dimodochè non si può assolutamente parlare di potenza di griglia. Ciò che abbiamo imparato in precedenza ci serve anche in questo caso. Nella Dispensa N. 4 avete appreso che ogni potenza elettrica richiede l'esistenza di una corrente e di una tensione, conformemente alla formula: *potenza* uguale *tensione* per *corrente*. Naturalmente la presenza della valvola non cambia nulla di questa legge. Di conseguenza, se la *corrente* anodica deve esercitare una certa potenza nell'altoparlante, è necessario che ci sia anche una *tensione* anodica. Possiamo allora fare il rapporto tra questa tensione e la tensione alternata applicata alla griglia, e troviamo in tal modo una grandezza che ci permette di esprimere il valore dell'amplificazione.

Desideriamo chiarire nuovamente i vari concetti che interessano a questo riguardo.

A. Le tensioni.

1) *Tensione continua di griglia* V_g. È la tensione di riposo della griglia, detta anche « *polarizzazione* », derivata dalla batteria e generalmente negativa.

2) *Tensione alternata di griglia* v_g.
Proveniente, per esempio, dalle oscillazioni trasmesse dal circuito oscillante alla griglia.

3) *Tensione continua di placca* V_a.
È la tensione tra l'anodo ed il catodo, prelevata dalla batteria anodica. Generalmente si chiama « tensione anodica ».

B. Correnti.

1) *Corrente continua di placca I_a.*
   È la corrente di riposo erogata dalla batteria anodica.

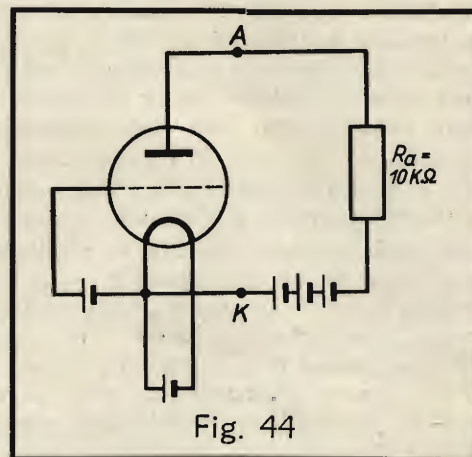
2) *Corrente alternata di placca i_a.*
   È costituita dalle oscillazioni della corrente anodica sovrapposte alla corrente di riposo, quando la griglia è soggetta ad una tensione alternata.

La potenza da fornire all'altoparlante si calcola come prodotto della *corrente alternata* di placca i_a per la *tensione alternata* di placca v_a. Quest'ultima però si manifesta soltanto se nel circuito anodico, viene inserito un consumatore.

Nella fig. 44 questo consumatore è rappresentato sotto forma di una *resistenza* R_a di valore elevato, p. es. 10 KΩ. Per ora non applichiamo alcuna tensione alternata alla griglia, dimodochè otteniamo nel circuito anodico soltanto una tensione continua. Questa corrente di riposo provoca, naturalmente, una caduta di tensione nella resistenza R_a; di conseguenza la tensione agente sul tratto elettronico, tra l'anodo ed il catodo, non è più uguale alla tensione della batteria, ma risulta diminuita della caduta di tensione suddetta. Inserendo la resistenza, la tensione anodica è quindi ridotta, e precisamente, secondo la legge di Ohm, dell'importo $I_a \cdot R_a$.

Espressa matematicamente, abbiamo per la tensione anodica V_a, posta V_b la tensione della batteria, la seguente formula:

$$V_a = V_b - I_a \cdot R_a$$ Formula (43)

Fig. 44

Da questa formula risulta subito che la tensione anodica è tanto minore, quanto maggiore è la caduta di tensione nella resistenza R_a, ossia, dato che quest'ultima è costante, quanto maggiore è la corrente anodica I_a. Variando la corrente anodica di riposo I_a, varia quindi anche la tensione continua di placca V_a. Ma come si fa a variare la corrente anodica? Nulla di più facile: si applica una tensione alternata v_g alla griglia, e si ottiene una corrente alternata i_a sovrapposta alla corrente anodica di riposo I_a. La corrente anodica subisce in tal modo delle variazioni, che sono, a lor volta, causa di variazioni della tensione V_a, come risulta dalla formula (43).

Riassumendo: data una *tensione alternata* di griglia, si ottiene una *corrente alternata* di placca; questa a sua volta provoca una *caduta di tensione alternata* nella resistenza anodica. Abbiamo quindi nel circuito anodico una tensione alternata, il cui valore si determina dalla corrente anodica alternata i_a e dalla *resistenza* R_a.

Come nella formula (43), valida per la tensione continua di placca, possiamo scrivere per la tensione anodica alternata v_a:

$$v_a = - i_a \cdot R_a$$ Formula (44)

Naturalmente la tensione della batteria non rientra più nella formula per la tensione alternata. La tensione anodica alternata quindi, a prescindere dalla resistenza R_a, non dipende da altro che dalla corrente anodica alternata. La corrente anodica di riposo non esercita alcuna influenza diretta.

Apprenderete nel prossimo Capitolo in qual modo si possa determinare la corrente anodica alternata per una data tensione alternata di griglia, con l'aiuto delle caratteristiche della valvola. Comunque constatiamo nuovamente che, inserendo la resistenza R_a, abbiamo trovato il modo di ottenere una tensione anodica alternata, di cui possiamo paragonare il valore con la tensione alternata di griglia, stabilendo così la misura dell'amplificazione.

L'amplificazione di una valvola può quindi essere definita come segue:

$$\textit{Amplificazione} = \frac{\textit{tensione anodica alternata}}{\textit{tensione alternata di griglia}}$$, ossia, espressa matematicamente:

$$\textit{Amplificazione } a = \frac{v_a}{v_g}$$ Formula (45)

Problema: In una valvola amplificatrice si misurano i seguenti valori: tensione alternata di griglia: $v_g = 1{,}2$ V, corrente alternata di placca: $i_a = 2{,}4$ mA, resistenza anodica: $R_a = 6\,000$ ohm. Qual'è l'amplificazione?

Soluzione: Calcoliamo la tensione anodica alternata v_a con l'aiuto della formula (44): $v_a = -i_a \cdot R_a = -2{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 6000 = -14{,}4$ V

e quindi l'amplificazione: $a = \frac{v_a}{v_g} = \frac{-14{,}4}{1{,}2} = -12$.

Il segno meno significa semplicemente che *la tensione anodica diminuisce quando la tensione di griglia diviene più positiva, e viceversa.*

L'amplificazione è dunque, nell'esempio considerato, uguale a *12*.

L'amplificazione è, in genere, notevolmente superiore ad 1 (per triodi 10 - 20). Essa è denominata: « *amplificazione di tensione dello stadio amplificatore* ».

In questo Capitolo abbiamo dunque fatto la seguente constatazione:

> *La grandezza dell'amplificazione di tensione non dipende soltanto dalla valvola, ma è pure fortemente influenzata dal valore della resistenza inserita nel circuito anodico.*

La retta della resistenza.

Esaminiamo ora queste relazioni con l'ausilio delle caratteristiche della valvola. Nella Dispensa N. 10, fig. 5, vi abbiamo spiegato il metodo usato per rilevare la caratteristica della valvola. Con tale metodo, mantenendo la *tensione anodica* ad un valore *fisso*, p. es. 50 volt, si varia la polarizzazione negativa di griglia con valori successivi di un volt e si legge il valore della corrente anodica sullo strumento di misura. I valori così trovati vengono riportati in un diagramma, ottenendo in tal modo la caratteristica per V_a = 50 volt. Il medesimo procedimento può esser adottato per una seconda tensione anodica (p. es. 100 volt), e così via.

Ricordiamo che tutte le tensioni sono riferite al catodo. Una tensione di griglia di — 2V significa che la griglia è di 2 volt più negativa del catodo. Una tensione anodica di 100 volt significa che la placca presenta una tensione (positiva) di 100 volt verso il catodo.

Ora però vogliamo rilevare la caratteristica della valvola con un metodo un po' differente. Desideriamo infatti tracciare un diagramma riferito, non più ad una tensione anodica fissa V_a, bensì ad una tensione fissa di griglia, p. es. — 2 volt. Variamo quindi la tensione anodica di 10 in 10 volt, a cominciare dallo zero, rilevando ogni volta il relativo valore della corrente anodica. Riportiamo i valori in un diagramma e otteniamo la caratteristica I_a — V_a per V_g = — 2 volt. Fissiamo quindi un'altra polarizzazione di griglia, p. es. — 3 V, e rileviamo nuovamente una serie di valori. Procedendo in tal modo si ottiene una famiglia di caratteristiche I_a — V_a, le quali, per molti scopi, sono preferibili alle caratteristiche I_a — V_g da noi finora considerate.

Poichè una sola famiglia di caratteristiche è sufficiente per descrivere il comportamento della valvola, è ovvio che le due differenti famiglie possono esser derivate l'una dall'altra. E qui ci serve il seguente ragionamento: ogni caratteristica viene determinata misurando i singoli punti. Così troviamo, per esempio, il punto I_a = 7 mA, V_g = — 2 V, V_a = 150 V, rilevando la caratteristica relativa alla tensione anodica fissa di 150 volt ed applicando alla griglia la polarizzazione di — 2 volt, dopo aver già eseguita la misura con — 1 volt. Nel caso sopra esposto, si ottiene naturalmente il medesimo punto, fissando la polarizzazione di griglia a — 2 V e portando la tensione anodica dal punto precedente (V_a = 140 volt) al valore V_a = 150 volt.

Per disegnare la famiglia di caratteristiche I_a — V_a, quando è data la famiglia I_a — V_g, basta quindi rilevare i punti dalla famiglia di caratteristiche riportata nella fig. 45-a.

Troviamo così per la polarizzazione di griglia V_g = 0 volt:

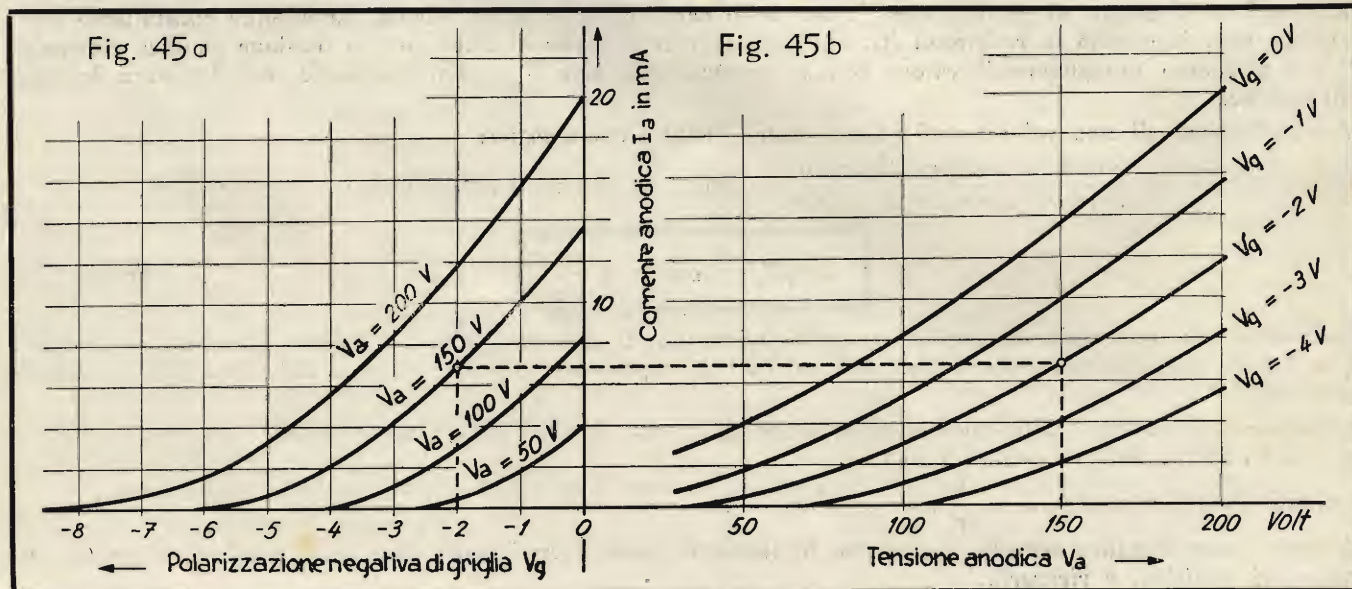
per la tensione anodica V_a = 50 V, la corrente anodica I_a = 4 mA
per la tensione anodica V_a = 100 V, la corrente anodica I_a = 8,3 mA
per la tensione anodica V_a = 150 V, la corrente anodica I_a = 13,7 mA
per la tensione anodica V_a = 200 V, la corrente anodica I_a = 20 mA

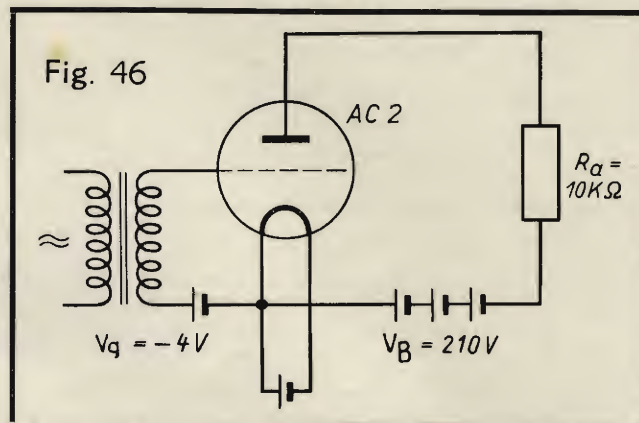
Questi valori vanno riportati ora nella fig. 45-*b*; otteniamo con la nuova caratteristica, valida per la tensione di griglia V_g = 0. Proseguiamo in modo analogo e troviamo:

per V_g = — *1 V*:

con V_a = 50 V	con V_a = 150 V	con I_a = 1,7 mA	con I_a = 10,0 mA
V_a = 100 V	V_a = 200 V	I_a = 5,4 mA	I_a = 15,6 mA

Otteniamo così una serie di caratteristiche, valide ciascuna per la polarizzazione di griglia costante indicata. La trasformazione delle caratteristiche si attua graficamente con facilità anche maggiore: si traccia la perpen-

dicolare in corrispondenza alla tensione di griglia considerata e si trasporta il punto d'intersezione orizzontale nell'altro diagramma, com'è dimostrato a titolo d'esempio per le tensioni V_g = — 2 V e V_a = 150 V. A questo modo non occorre nemmeno leggere il valore della corrente anodica.

Il diagramma con la famiglia di caratteristiche I_a — V_a consente di rilevare molto bene l'effetto della resistenza anodica R_a sulla tensione anodica V_a per corrente anodica variabile.

Consideriamo, come esempio, lo schema della fig. 46 e determiniamo l'amplificazione di tensione relativa ai dati indicati. In questa figura la valvola è contrassegnata con la sigla *AC2*. Si tratta della designazione di un determinato tipo di valvola di cui vi daremo maggiori particolari in seguito. Nella fig. 47 è riportata la famiglia di caratteristiche di questa valvola.

La resistenza anodica è sempre causa di una caduta di tensione, la cui entità dipende dal valore della corrente anodica. Supponendo di provocare una data variazione della corrente anodica, ci chiediamo ora quale tensione di placca si ottenga col nuovo valore di corrente.

Per I_a = 0 la caduta di tensione è nulla, e pertanto l'intera tensione anodica di 210 V è applicata alla placca della valvola (punto *A*).

Con una corrente anodica di 2 mA si ottiene una caduta di tensione di 2 mA . 10 kΩ = 20 V. Abbiamo quindi i seguenti valori della tensione anodica: V_a

per I_a = 2 mA: V_a = 210 — 20 = 190 V (punto *B*)
per I_a = 4 mA: V_a = 210 — 40 = 170 V (punto *C*)
per I_a = 6 mA: V_a = 210 — 60 = 150 V (punto *D*)
per I_a = 8 mA: V_a = 210 — 80 = 130 V (punto *E*)
per I_a = 10 mA: V_a = 210 — 100 = 110 V (punto *F*)

Se colleghiamo ora i punti così determinati, constatiamo che essi giacciono tutti su di una retta.

Sarebbe quindi sufficiente calcolare, p. es., i punti *A* ed *F* e collegarli successivamente con una linea retta.

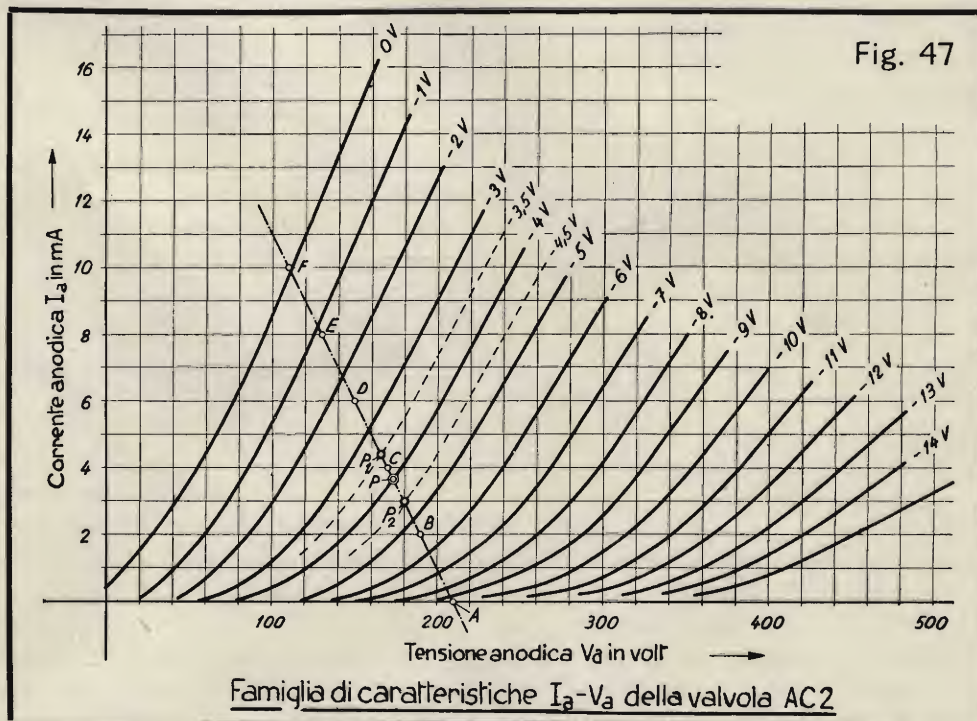
Conoscendo la tensione della batteria e la resistenza anodica usata, il diagramma consente di leggere immediatamente la *tensione* anodica che si ottiene con una qualsiasi *corrente* anodica. Per esempio: I_a = 3 mA, V_a = 180 volt. Questa relazione è determinata dalla *resistenza* inserita nel circuito di placca; la retta riportata nel diagramma viene perciò denominata «*retta della resistenza*». Spesso è chiamata anche «*retta di lavoro*», per la ragione che spiegheremo subito.

Famiglia di caratteristiche I_a-V_a della valvola AC2

Il punto di lavoro.

Nei ragionamenti fatti finora ci siamo chiesti soltanto quale relazione intercorresse tra la corrente e la tensione anodiche, senza preoccuparci della tensione di griglia. Osserviamo nuovamente la fig. 46. Desideriamo determinare il valore della corrente e della tensione anodiche, nel caso che sia applicata alla griglia soltanto la tensione continua negativa V_g = — 4 V. La corrente anodica, che si stabilirà nella valvola, deve rispondere alla condizione di V_g = — 4 V; ciò significa che il valore cercato deve trovarsi sulla caratteristica relativa a V_g = = — 4 V. D'altra parte, con lo schema da noi scelto, sono possibili soltanto quelle correnti il cui valore sia contenuto nella *retta della resistenza AF*. Pertanto, con le condizioni date, otteniamo corrente e tensione anodiche nel *punto d'intersezione P della curva per* V_g = — *4 V con la retta delle resistenze.*

Leggiamo quindi in corrispondenza a *P*: I_a = 3,7 mA; V_a = 173 V.

Questi sono *i valori d'esercizio* dello schema della fig. 46, finchè non è applicata alcuna tensione alternata alla griglia. Il punto *P*, che si stabilisce applicando delle tensioni continue costanti, si chiama «*punto di lavoro*». I relativi valori di corrente e di tensione si chiamano, come abbiamo detto nella Dispensa N. 11, «*corrente anodica di riposo*» e «*tensione anodica di riposo*».

Dobbiamo ora affrontare ancora alcuni importanti ragionamenti e considerazioni, ma, al termine di questi, avremo raggiunto il nostro scopo, che consiste nel saper rilevare l'amplificazione di tensione del circuito schematizzato nella fig. 46.
Se finora avete compreso tutto, fate una pausa; ciò che rimane non è più tanto difficile.

La retta di lavoro.
Ci chiediamo ora ciò che accade, quando applichiamo alla griglia una tensione alternata, le cui semionde positive e negative raggiungano, per esempio, 0,5 volt. La tensione complessiva applicata alla griglia si compone della polarizzazione negativa V_g = — 4 V e della tensione alternata sopradetta (fig. 48). Come vedete essa oscilla tra i valori di — 4,5 e — 3,5 volt. Una variazione continua della tensione di griglia provoca però un'analoga variazione continua della corrente anodica, ossia una componente alternata della corrente anodica, come abbiamo visto nella Dispensa N. 11.

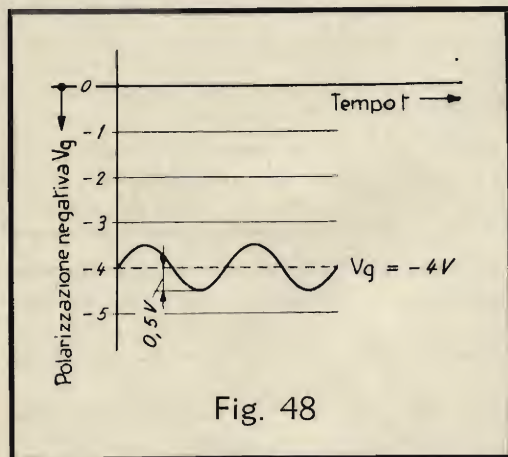
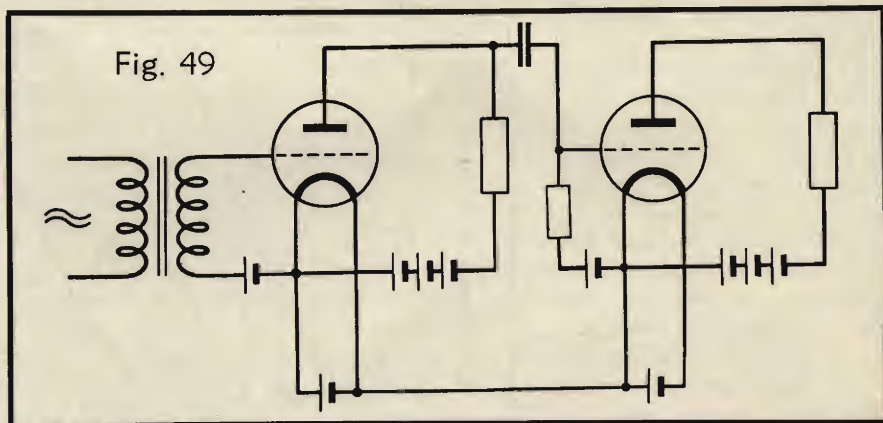



Fig. 48

Ora riportiamo sulla retta della resistenza (fig. 47) i valori estremi della tensione di griglia. A metà tra le curve per V_g = — 3 V e V_g = — 4 V segniamo il punto P_1, e tra la curva V_g = — 4 V e — 5 V segniamo il punto P_2. La variazione massima della corrente e della tensione anodiche è quindi contenuta tra questi due estremi. La corrente anodica I_a oscilla tra 3,0 e 4,4 mA e la tensione anodica V_a tra 165 e 180 volt.
Quando la tensione di griglia varia di 1 V da — 3,5 a — 4,5 V, la tensione anodica varia di 15 V, ossia da 165 a 180 V. Possiamo formare così il rapporto cercato e troviamo quindi che l'amplificazione di tensione del circuito rappresentato nella fig. 46 è uguale a 15/1: esso dunque amplifica *15 volte*. La tensione alternata agente sulla resistenza anodica è 15 volte maggiore della tensione applicata alla griglia. Mentre la valvola trasforma la tensione alternata di griglia in una più forte tensione alternata anodica, ossia mentre essa *lavora*, i valori istantanei della corrente e della tensione anodiche possono esser rilevati dal diagramma delle caratteristiche I_a — V_a, nel quale sono determinati sulla *retta della resistenza* in rapporto al valore istantaneo della tensione di griglia. Poichè l'amplificazione, cioè il *lavoro* della valvola, si svolge lungo questa retta, essa viene anche denominata « *retta di lavoro* ».

L'amplificazione di più valvole.
È ovvio che una tensione già amplificata si può ulteriormente amplificare, applicandola a sua volta alla griglia di una valvola successiva. Occorre però evitare che pervenga alla griglia della seconda valvola anche la tensione anodica continua, altrimenti si avrebbero degli effetti indesiderati. È noto che i condensatori lasciano passare la corrente alternata, ma non quella continua.

Fig. 49

Per *bloccare* la tensione anodica si può pertanto usare un condensatore. La fig. 49 rappresenta un cosiddetto « *amplificatore a due stadi* » di questo genere.
Chiariremo presto i particolari di questo schema che vi possono parer ancora oscuri o complicati, per esempio l'alimentazione attraverso varie batterie.
Per ora vogliamo semplicemente fare ancora una considerazione. Qual è l'amplificazione di tensione di due stadi uguali, collegati uno dietro l'altro, come nella fig. 49? Il primo stadio amplifica la piccola tensione d'entrata ad un valore 15 volte superiore. Il secondo stadio amplifica questo valore ancora 15 volte. In definitiva la tensione alternata, agente sulla resistenza nel circuito anodico della seconda valvola, è 15 . 15 = 225 volte maggiore della tensione applicata alla griglia della prima valvola.
Abbiamo così la seguente importante relazione:

L'amplificazione complessiva di un amplificatore a più stadi si ottiene facendo il prodotto delle amplificazioni dei singoli stadi.

Avendo così conosciuto dei metodi e dei dispositivi importanti usati nell'amplificazione, vi potrete render facilmente conto di come sia possibile che le debolissime tensioni captate dall'antenna vengano trasformate in musica e parole emesse dall'altoparlante.

Domande

1. Come s'indica l'amplificazione di tensione?
2. Da che cosa dipende l'amplificazione di tensione di uno stadio?
3. Da che cosa è caratterizzato il punto di lavoro di una valvola?
4. Qual è l'amplificazione complessiva di un amplificatore a due stadi, dei quali l'uno amplifica 12 e l'altro 15 volte?

5. Qual è l'amplificazione di tensione che si ottiene in assenza della resistenza anodica?

Risposte

1. L'amplificazione di tensione s'indica come rapporto della tensione alternata anodica ottenuta, alla tensione alternata applicata alla griglia della valvola.
2. L'amplificazione di tensione di uno stadio amplificatore dipende dalle proprietà della valvola, e quindi dalla famiglia di caratteristiche che la contraddistingue, dal punto di lavoro scelto e dal valore della resistenza anodica.
3. Il punto di lavoro di una valvola è caratterizzato dai valori d'esercizio che si stabiliscono, quando sono applicate alla valvola stessa soltanto tensioni continue.
4. L'amplificazione complessiva è il prodotto delle singole amplificazioni, e quindi 12 . 15 = 180 volte.
5. In assenza di una resistenza anodica non è possibile ottenere un'amplificazione di tensione.

COMPITI

1. Per quale ragione è necessario che il circuito oscillante di un ricevitore radio possegga la più prominente curva di risonanza possibile?
2. Che cos'è un avvolgimento bifilare? Per qual ragione il filamento d'accensione delle valvole è generalmente avvolto in modo bifilare?
3. Trovate con l'aiuto dei logaritmi il valore delle seguenti espressioni:
   a) $3{,}2^3 = ?$ *b*) $413^2 = ?$ *c*) $3{,}4^5 = ?$ *d*) $\sqrt{14{,}9} = ?$ *e*) $\sqrt[3]{37\,600} = ?$ *f*) $\sqrt[4]{1296} = ?$
4. Disegnate il circuito elettrico dell'impianto di segnalazione d'incendio della fig. 20, nel caso di un'avvenuta rottura di filo.
5. Schizzate lo schema di un impianto automatico di segnalazione d'incendio, dotato di relè, batteria e suoneria, ed azionato da un avvisatore a saldatura fondente.
6. Che cos'è una termocoppia e di quali metalli è generalmente costituita?
7. A che serve la macchina di chiamata e quali sono le operazioni necessarie per farla agire sull'apparecchio dell'utente B (fig. 36)?
8. Come mai è possibile avvertire un utente, benchè la sua forcella sia aperta e nel suo apparecchio non passi quindi alcuna corrente continua?
9. Qual è il valore della resistenza incognita R_x in un ponte di Wheatstone, quando il rapporto $\frac{r_2}{r_1} = 100$ e la resistenza d'equilibrio $R = 402{,}5\ \Omega$?
10. La resistenza a spinotti rappresentata nella fig. 42 possiede 4 resistenze in ciascuna delle decadi 1000, 100, 10, 1 e 0,1 ohm; quindi in tutto 20 resistenze singole. Durante una misura restano infilate una spina nei 1000 Ω, due nei 10 Ω e 3 nei 0,1 Ω. Qual è il valore della resistenza complessiva? (Ricordate che gli spinotti servono a cortocircuitare le resistenze!)
11. Disegnate la famiglia di caratteristiche $I_a = V_a$ della fig. 47, ma senza la retta della resistenza (il sistema più semplice consiste nel lucidare i diagrammi su carta trasparente).
    a) Tracciate nel diagramma la retta della resistenza che si ottiene con la tensione di batteria $V_B = 180$ V e con la resistenza anodica $R_a = 8$ kΩ.
    b) Trovate il punto di lavoro con la polarizzazione di griglia $V_g = -3$ V e indicate i relativi valori di I_a e V_a.
    c) Supponete che alla polarizzazione di griglia $V_g = -3$ V si sovrapponga una tensione alternata dell'ampiezza di 0,4 V. (L'ampiezza è l'altezza delle semionde!). Segnate i corrispondenti punti P_1 e P_2 sulla retta della resistenza e datene i valori d'esercizio.
    d) Qual è l'amplificazione di tensione nel caso considerato?
12. Qual è l'amplificazione complessiva di tre valvole collegate successivamente e dotate ciascuna di un'amplificazione di 10 volte?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 12

TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 12

Tabella N. 9

Tavola dei logaritmi comuni

Num.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	000	004	009	013	017	021	025	029	033	037
11	041	045	049	053	057	061	064	068	072	075
12	079	083	086	090	093	097	100	104	107	110
13	114	117	120	124	127	130	133	137	140	143
14	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173
15	176	179	182	185	187	190	193	196	199	201
16	204	207	209	212	215	217	220	223	225	228
17	230	233	235	238	240	243	245	248	250	253
18	255	258	260	262	265	267	269	272	274	276
19	279	281	283	285	288	290	292	294	297	299
20	301	303	305	307	310	312	314	316	318	320
21	322	324	326	328	330	332	334	336	338	340
22	342	344	346	348	350	352	354	356	358	360
23	362	364	365	367	369	371	373	375	376	378
24	380	382	384	386	387	389	391	393	394	396
25	398	400	401	403	405	406	408	410	412	413
26	415	417	418	420	422	423	425	426	428	430
27	431	433	435	436	438	439	441	442	444	446
28	447	449	450	452	453	455	456	458	459	461
29	462	464	465	467	468	470	471	473	474	476
30	477	478	480	481	483	484	486	487	488	490
31	491	493	494	495	497	498	500	501	502	504
32	505	506	508	509	510	512	513	514	516	517
33	518	520	521	522	524	525	526	528	529	530
34	531	532	534	535	536	538	539	540	541	543
35	544	545	546	548	549	550	551	553	554	555
36	556	557	559	560	561	562	563	565	566	567
37	568	569	570	572	573	574	575	576	577	579
38	580	581	582	583	584	585	587	588	589	590
39	591	592	593	594	595	596	597	599	600	601
40	602	603	604	605	606	607	608	609	610	612
41	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622
42	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632
43	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642
44	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652
45	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662
46	663	664	665	665	666	667	668	669	670	671
47	672	673	674	675	676	677	678	678	679	680
48	681	682	683	684	685	686	687	687	688	689
49	690	691	692	693	694	695	695	696	697	698

Num.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	699	700	701	702	702	703	704	705	706	707
51	707	708	709	710	711	712	713	713	714	715
52	716	717	718	718	719	720	721	722	723	723
53	724	725	726	727	727	728	729	730	731	731
54	732	733	734	735	736	736	737	738	739	739
55	740	740	741	742	743	743	744	745	746	747
56	747	748	749	750	751	752	753	753	754	755
57	756	757	757	758	759	760	760	761	762	763
58	763	764	765	766	766	767	768	769	769	770
59	771	771	772	773	774	774	775	776	777	777
60	778	779	780	780	781	782	782	783	784	785
61	785	786	786	787	788	789	789	790	791	792
62	792	793	794	794	795	796	796	797	798	799
63	799	800	801	801	802	803	803	804	805	805
64	806	807	807	808	809	809	810	811	811	812
65	813	813	814	815	815	816	817	817	818	819
66	819	820	821	821	822	823	823	824	825	825
67	826	827	827	828	829	829	830	830	831	832
68	832	833	834	834	835	836	836	837	837	838
69	839	839	840	841	841	842	843	843	844	844
70	845	846	846	847	847	848	849	849	850	851
71	851	852	852	853	854	854	855	855	856	857
72	857	858	858	859	860	860	861	861	862	863
73	863	864	864	865	866	866	867	867	868	869
74	869	870	870	871	871	872	873	873	874	874
75	875	875	876	876	877	877	878	878	879	880
76	881	881	882	882	883	884	884	885	885	886
77	886	887	888	888	889	889	890	890	891	891
78	892	893	893	894	894	895	895	896	896	897
79	898	898	899	899	900	900	901	901	902	902
80	903	904	904	905	905	906	906	907	907	908
81	908	909	909	910	911	911	912	912	913	913
82	914	914	915	915	916	916	917	917	918	918
83	919	920	920	921	921	922	922	923	923	924
84	924	925	925	926	926	927	927	928	928	929
85	929	930	930	931	931	932	932	933	933	934
86	934	935	935	936	936	937	937	938	938	939
87	939	940	940	941	941	942	942	943	943	944
88	944	945	945	946	946	947	947	948	948	949
89	949	950	950	951	951	952	952	953	953	954
90	954	955	955	956	956	957	957	958	958	958
91	959	959	960	960	961	961	962	962	963	963
92	964	964	965	965	966	966	967	967	967	968
93	968	969	969	970	970	971	971	972	972	973
94	973	973	974	974	975	975	976	976	977	977
95	978	978	979	979	979	980	980	981	981	982
96	982	983	983	984	984	984	985	985	986	986
97	987	987	988	988	988	989	989	990	990	991
98	991	992	992	992	993	993	994	994	995	995
99	996	996	996	997	997	998	998	999	999	999

OFFICINE
D'ARTI GRAFICHE
VIA BRUNICO, 9
VARESE

DISPENSA N°. **13**

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 13

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 13**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

La Dispensa N. 12 vi ha fatto progredire notevolmente, soprattutto in *Radiotecnica*. Sapete ora che i circuiti oscillanti devono avere poche perdite, poichè solo a tale condizione si possono ottenere delle curve di risonanza strette, necessarie perchè il ricevitore sia selettivo. Vi avrà certamente interessato anche il Capitolo sull'accensione e sugli zoccoli delle valvole. Ora sapete che cos'è un *catodo a riscaldamento indiretto* e conoscete gli zoccoli delle valvole d'acciaio e quelli di tipo Octal e Loctal.

Nel Capitolo di *Tecnica delle Misure* vi sono stati illustrati i concetti della *sensibilità* e della *precisione* degli strumenti di misura. Avete appreso inoltre che questi strumenti si suddividono in varie classi di precisione, secondo l'entità degli errori ammessi.

Vi è stata successivamente spiegata la *misura delle resistenze*. Il metodo indiretto consente di determinare il valore delle resistenze mediante la legge di Ohm, misurando la corrente e la tensione. Un dispositivo di grande importanza è il ponte di Wheatstone. Come sapete, la resistenza cercata R_x si ottiene a galvanometro azzerato, dalla relazione: $R_x = R \cdot \frac{r_2}{r_1}$. Ne consegue la possibilità di misurare le resistenze con grande esattezza, purchè si posseggano alcune resistenze di misura ad alta precisione, di cui vi abbiamo spiegato la costituzione.

Nel Capitolo di *Telefonia* avete conosciuto il *centralino telefonico manuale*. Vi sono state descritte le spine, le prese e gli altri particolari dei centralini. Senza dubbio ha destato in voi uno speciale interesse la spiegazione dei circuiti e dello schema della centrale telefonica. Ora sapete ciò che avviene in una centrale manuale, prima che la signorina si informi del numero richiesto, e conoscete i compiti dell'operatrice. Osservate bene tutti i dettagli, le lampadine, le suonerie, la macchina di chiamata, il sistema di provare se un utente è libero o occupato, ecc. Ciò vi darà un'idea preliminare della complessità delle funzioni che, in una centrale automatica, devono svolgersi senza alcun intervento di personale.

Il Capitolo per voi più interessante sarà stato sicuramente quello sull'*amplificazione*. Sapete ora a che servono le caratteristiche delle valvole e che cosa si intenda per *amplificazione di tensione*. La famiglia delle caratteristiche $I_a - V_a$ consente di determinare il valore della *tensione anodica alternata*, data la tensione alternata di griglia. Occorre, a questo scopo, tracciare la *retta della resistenza* e fissare il *punto di lavoro*. La determinazione dell'amplificazione $a = \frac{v_a}{v_g}$ non è, dopo di ciò, che un'inezia.

In *Matematica*, la conoscenza dei *logaritmi* ha completato le vostre cognizioni. Avrete certamente compreso che, con l'aiuto dei logaritmi, si possono risolvere con facilità dei problemi che altrimenti sarebbero assai difficili.

RADIOTECNICA

La valvola termoionica come amplificatrice

Alla fine della Dispensa precedente abbiamo considerato lo schema di un amplificatore con due valvole. Naturalmente vi potete ora immaginare anche degli amplificatori con un numero maggiore di *stadi*. All'ultima valvola va allacciato l'altoparlante. Il compito di questa cosiddetta « *valvola finale* » consiste, come abbiamo già visto, nel fornire la massima *potenza* in corrente alternata. Questa potenza non è invece richiesta alle altre valvole, le quali devono invece amplificare la tensione alternata, applicata alla griglia, in modo da ricavare la massima tensione anodica alternata, da applicare a sua volta alla griglia della valvola finale. Per questa ragione queste altre valvole sono chiamate « *valvole preamplificatrici* ».

Vi è noto che la resistenza anodica R_a esercita una funzione decisiva agli effetti dell'amplificazione. Nella precedente Dispensa abbiamo ottenuto un'amplificazione di 15 volte, inserendo nel circuito anodico di una valvola AC2 una resistenza di 10 kΩ. Il valore di questa resistenza era stato però scelto a caso. Ora vorremmo sapere che valore dobbiamo dare a questa resistenza, per ottenere, con le valvole preamplificatrici, la massima tensione anodica alternata, e con le valvole finali, la massima potenza in corrente alternata.

Valvole preamplificatrici e amplificazione di tensione

Per stabilire l'effetto della resistenza R_a sull'amplificazione ottenuta, ci serviamo di un mezzo semplicissimo.

Prendiamo la famiglia delle caratteristiche I_a — V_a della valvola AC2 e determiniamo il valore dell'amplificazione che si ottiene, inserendo diversi valori della resistenza anodica. Scegliamo la tensione della batteria V_B = 220 V e inseriamo successivamente le resistenze 5 kΩ, 20 kΩ e 100 kΩ .

1. Amplificazione con R_a = 5 kΩ.

Per $I_a = 0$ non c'è caduta di tensione; quindi $V_a = V_B = 220$ V (punto A della fig. 1; questo punto A è naturalmente lo stesso per tutti e tre i valori della resistenza anodica). Per I_a = 10 mA, V_a si calcola dalla formula (43):

$$V_a = V_B - I_a \cdot R_a = 220 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3 = 220 - 50 = 170 \text{ V}.$$

Questi valori (I_a = 10 mA e V_a = 170 V) determinano il punto F'. Colleghiamo A con F' ed abbiamo la retta per la resistenza 5 kΩ. Scegliamo la polarizzazione di griglia V_g = —4 V e supponiamo che l'ampiezza della tensione alternata di griglia sia uguale a 1 V; in altre parole, facciamo variare la tensione risultante di griglia tra —3 e —5 V. Si ottengono così i punti P_1' e P_2' sulla retta per R_a = 5 kΩ. La corrente anodica I_a varia quindi tra 7,4 e 3,5 mA; la tensione anodica V_a tra 182 e 202. L'amplificazione di tensione è quindi:

$$a = \frac{202 - 182}{-5 - (-3)} = \frac{20}{-2} = -10$$

Con R_a = 5 kΩ si ottiene l'amplificazione di 10 volte.

2. Amplificazione con R_a = 20 kΩ.

Per I_a = 10 mA abbiamo: $V_a = V_B - I_a \cdot R_a = 220 - 10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3 = 220 - 200 = 20$ V. Si ottiene il punto F''.

Scegliamo V_g = —2 V e ancora l'ampiezza di 1 V, quindi oscillazioni tra —1 e —3 V.

Segnati i punti P_1'' e P_2'', vediamo che la corrente anodica varia ora soltanto tra 5,8 e 3,8 mA, la tensione anodica tra 103 e 143 volt. Constatiamo quindi che, in confronto con i valori ottenuti per R_a = 5 kΩ, la variazione della tensione anodica è aumentata, sempre supponendo di avere la medesima tensione alternata di griglia.

Con R_a = 20 kΩ l'amplificazione è: $a = \frac{143 - 103}{-3 - (-1)} = \frac{40}{-2} = -20$, quindi *uguale a 20 volte.*

3. Amplificazione con R_a = 100 kΩ.

Per I_a = 2 mA abbiamo: $V_a = 220 - 2 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^3 = 220 - 200 = 20$ V (punto F''').

Questa retta è assai poco inclinata e attraversa la parte curva delle caratteristiche. Nella Dispensa N. 11 è già stato spiegato che è necessario lavorare nel tratto rettilineo delle caratteristiche per ottenere un'amplificazione esente da distorsioni. La retta della resistenza R_a = 100 kΩ non risponde evidentemente a questo requisito.

Vogliamo tuttavia determinare il valore dell'amplificazione con una polarizzazione di —2 V e l'ampiezza di 1 V. I punti P_1''' e P_2''' denotano una corrente anodica ulteriormente ridotta, che oscilla soltanto tra 1,2 e 1,7 mA. La tensione anodica invece varia tra 54 e 100 V. Si ottiene quindi la seguente amplificazione:

$$a = \frac{100 - 54}{-3 - (-1)} = \frac{46}{-2} = -23;$$ ossia *23 volte per R_a = 100 kΩ.*

4. Conclusione.

Confrontando i tre casi, giungiamo alla seguente conclusione:

> *L'amplificazione di tensione è tanto maggiore, quanto più elevata è la resistenza anodica. Il valore della resistenza anodica è però limitato dalla condizione che il punto di lavoro si trovi nel tratto rettilineo delle caratteristiche.*

Osservazione.

Ricordate sicuramente la constatazione alla quale siamo giunti, nella Dispensa N. 11, esaminando il circuito oscillante. Si è detto infatti: « Abbiamo trovato così, nel circuito oscillante in parallelo, il modo di ottenere una resistenza particolarmente elevata ad una determinata frequenza ». Non vi viene ora un'idea brillante, pensando alla nostra « Conclusione » di poc'anzi?

Pensate un po' ciò che avverrebbe, se prendessimo come resistenza anodica un circuito oscillante in parallelo? Questo circuito ha una resistenza particolarmente elevata proprio per la frequenza di risonanza, che viene naturalmente messa a punto sul valore richiesto. Si otterrà pertanto la massima amplificazione proprio

per questa determinata frequenza, mentre le altre frequenze non saranno amplificate che in piccola misura. Come vedete, una cosa si aggiunge all'altra e comprendete ora per quale ragione sia così favorevole l'uso dei circuiti oscillanti nella radio, in cui si vuole ottenere proprio soltanto *la frequenza di una determinata stazione.*

Valvole finali e amplificazione di potenza.

Secondo le nostre considerazioni sulle *valvole preamplificatrici* ci importava anzitutto di ottenere la massima tensione alternata anodica. La cosa è differente nel caso della *valvola finale*; occorre infatti che questa ceda all'altoparlante la massima potenza. Come sapete, la potenza elettrica si calcola come prodotto della corrente per la tensione. Si tratta quindi di rendere grande questo prodotto; non basta pertanto di avere una tensione anodica elevata; bisogna anche ottenere una *forte corrente anodica.*

Fig. 1

Famiglia di caratteristiche I_a-V_a della valvola AC2

Riservandoci di esaminare questo problema più dettagliatamente in seguito, possiamo immaginarci fin d'ora che, con le *valvole finali*, occorrerà *una resistenza anodica di valore medio*, variabile secondo il tipo della valvola usata.

Desiderando una forte corrente alternata anodica, per esempio con oscillazioni di 10 mA in più e in meno, occorrerà naturalmente una *corrente anodica di riposo* sufficientemente forte. Nel caso citato, si sceglierà una corrente di riposo attorno ai 20 mA, in modo da ottenere delle variazioni della corrente anodica comprese, all'incirca, tra gli estremi di 10 e 30 mA.

Bastano queste semplici riflessioni per far comprendere che le valvole finali devono avere requisiti diversi da quelli delle preamplificatrici. Si richiede infatti un catodo che sia in grado di emettere una *corrente intensa*, e inoltre anche la placca deve poter sopportare la forte potenza in giuoco.

La corrente nella valvola è formata dal movimento degli elettroni, che precipitando sulla placca ne provocano il riscaldamento. Quando si richiede una corrente forte, come nel caso di una *valvola di potenza*, la placca è sottoposta ad un bombardamento più intenso da parte degli elettroni e si riscalda maggiormente. È chiaro che, in simili condizioni, occorre una costruzione adatta, che possa sopportare questo carico maggiore. Le finali si distinguono pertanto dalle preamplificatrici perfino per il loro aspetto esteriore. Esse sono di dimensioni più grosse; dal punto di vista elettrico, si nota subito la maggiore potenza d'accensione occorrente per il filamento. L'amplificazione di tensione della valvola finale non è invece che di secondaria importanza.

La tensione alternata di griglia, necessaria per ottenere la forte corrente e l'elevata tensione alternata di placca, si produce infatti mediante un'apposita preamplificazione; nel circuito anodico della finale si cerca perciò di ottenere la massima potenza di corrente alternata, senza riguardo alla tensione di griglia occorrente.

Domande

1. Per avere una forte amplificazione di tensione serve meglio una resistenza elevata o bassa?
2. Per quali ragioni il circuito oscillante in parallelo è favorevole agli effetti dell'amplificazione di tensione?
3. Quali requisiti devono avere le valvole finali?

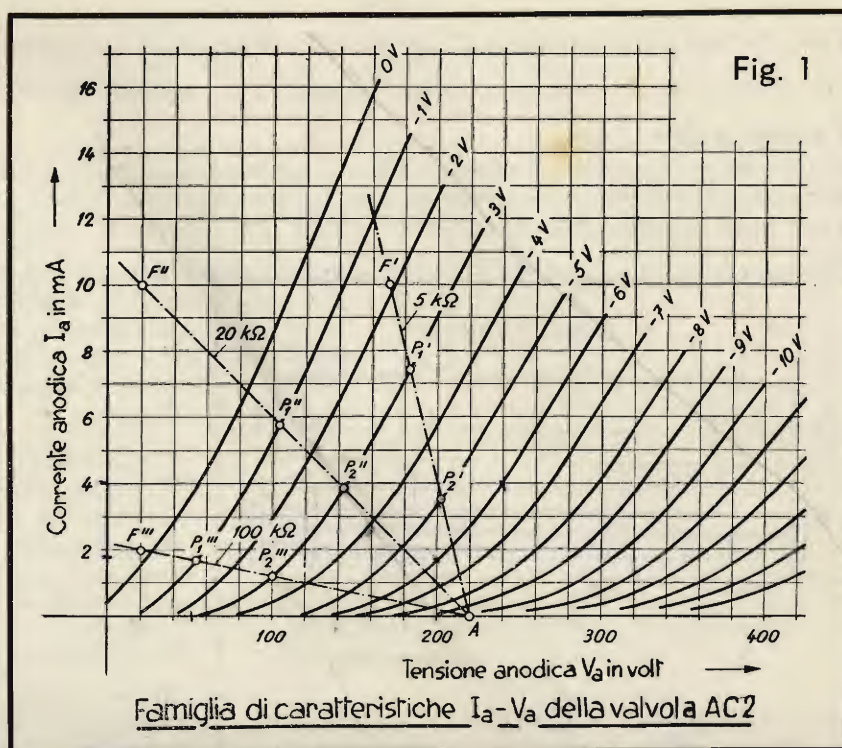
Risposte

1. Per ottenere una forte amplificazione di tensione ci vuole una resistenza elevata.
2. Il circuito oscillante in parallelo è favorevole perchè, alla frequenza di risonanza, possiede una resistenza elevata.
3. Le valvole finali devono trasmettere una grande potenza all'altoparlante, e devono generare pertanto non solo un'elevata tensione anodica alternata, ma anche una forte corrente anodica alternata.

TECNICA DELLE MISURE

Misure di resistenza

Nella Dispensa precedente abbiamo trattato del *metodo indiretto* per la misura delle resistenze, meno preciso, e di quello assai preciso del ponte di Wheatstone. Dalla formula: $R_x = \frac{r_2}{r_1} \cdot R$, risulta che, a parte il va-

lore della resistenza regolabile R, interessa il rapporto $\frac{r_2}{r_1}$. La variazione di questo rapporto è sfruttata in un altro dispositivo per la misura delle resistenze, che vogliamo descrivere ora.

Il ponte a filo

In tale dispositivo, detto « *ponte a filo* », le resistenze di rapporto sono sostituite da *un filo metallico di elevata resistività e di sezione costante*, teso tra *due morsetti*. Poichè non è il valore delle resistenze che interessa, bensì soltanto il loro *rapporto*, questo può essere anche espresso come *quoziente di due lunghezze*.

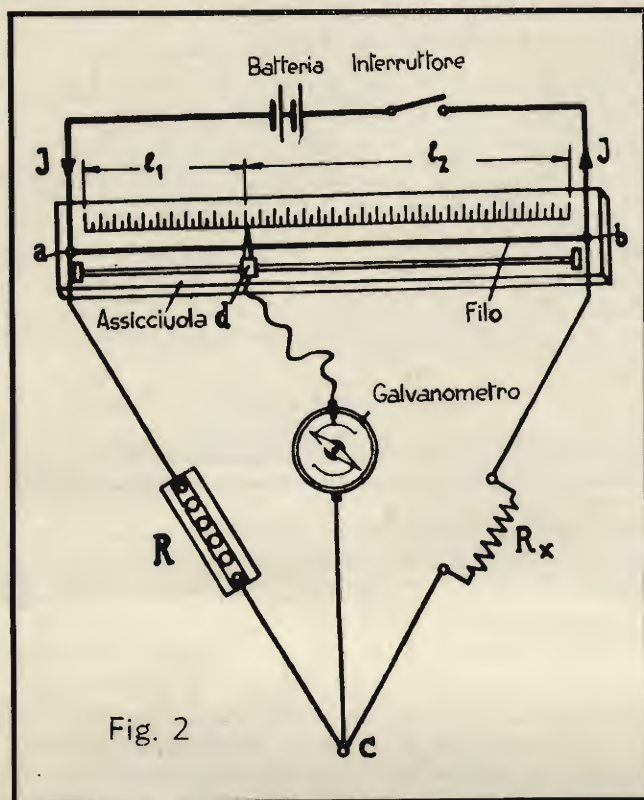



Fig. 2

La fig. 2 rappresenta lo schema del *ponte a filo*. Il filo *a - b* è teso sopra una assicciuola. *Un contatto d* (cursore), scorrevole lungo *una guida*, striscia sul filo sul quale può essere spostato in qualsiasi punto. Per il resto, il circuito è identico a quello del ponte di Wheatstone.

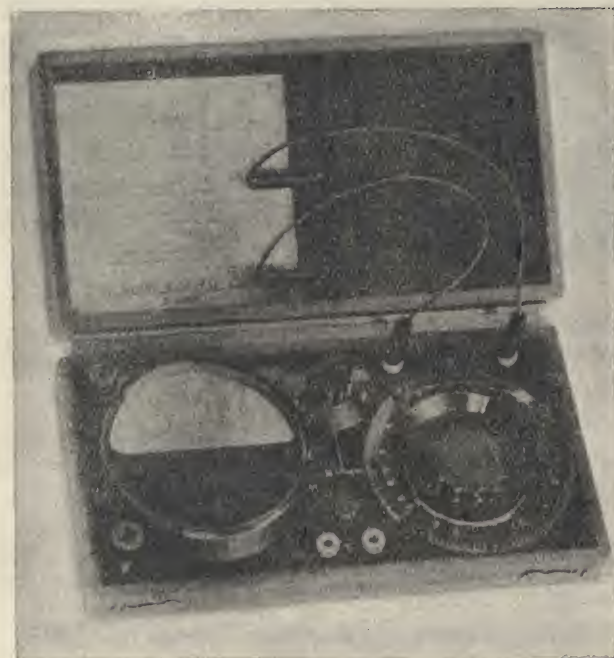
Per la misura si procede nel seguente modo: si dispone il contatto *d* nel centro del filo e si regola la *resistenza a spinotti R* in modo da ottenere la minima escursione del *galvanometro*. Si sposta quindi il contatto *d* fino ad azzerare completamente il galvanometro. Sopra il filo teso è disposta *una scala graduata in millimetri*, oppure *in valori proporzionali al quoziente* $\frac{l_2}{l_1}$. Quest'ultima graduazione è la più comoda, perchè permette di moltiplicare la resistenza di confronto R direttamente col valore letto, allo scopo di ottenere il valore della resistenza cercata R_x. Si ha infatti: $R_x = R \cdot \frac{l_2}{l_1}$.

Problema: Durante una misura, R viene determinata in 100 ohm. Eseguito l'azzeramento del ponte, spostando il contatto *d*, si trova $l_2 = 30$ cm e $l_1 = 50$ cm. Qual è il valore di R_x?

Soluzione: $R_x = R \cdot \frac{l_2}{l_1} = 100 \cdot \frac{30}{50} = 100 \cdot 0{,}6 = 60$ *ohm*.

Fig. 3

La fig. 3 rappresenta un pratico *ponte a filo portatile* per officina, usato nei montaggi e nei collaudi. A sinistra si trova il *galvanometro* di elevata sensibilità, con lo zero centrale. *Il filo è disposto circolarmente*, per economia di spazio, e si trova sotto la *manopola di regolazione*, a destra. Sulla *scala* sono riportati dei numeri compresi tra 0,5 e 50: essi esprimono il rapporto $\frac{l_2}{l_1}$.

Nel centro si trova la resistenza R di regolazione grossolana, con la quale si possono fissare 5 valori, ossia 0,1; 1; 10; 100 e 1000 ohm. La sorgente di corrente, una normale *pila quadra da 4,5 volt* per lampadina tascabile, è contenuta nel coperchio, in modo da poter essere sostituita con facilità. La resistenza da misurare va allacciata ai morsetti X situati a sinistra. Dopo aver scelto la resistenza R più adatta, si gira la manopola con la scala graduata fino ad ottenere l'azzeramento del galvanometro. Il valore della resistenza R va semplicemente moltiplicato col numero che si legge accanto alla marca, per ottenere il valore della resistenza incognita. Le *prese T*, situate anteriormente nel mezzo, servono per allacciare, quando occorra, *una cuffia telefonica*. Questa sostituisce il galvanometro nei casi in cui la misura debba essere effettuata in corrente alternata, come, p. es., nelle misure di resistenza delle messe a terra, oppure di liquidi. Come sorgente di corrente alternata a frequenza sonora si utilizza un apposito *apparecchio a induzione*, alimentato dalla pila e contenuto esso pure nel coperchio. Esso è costituito da un *vibratore elettromeccanico* con relativo *trasformatore* e genera un suono (fischio), udibile nella cuffia telefonica con intensità variabile secondo il valore della corrente che attraversa la cuffia. Il cursore

del ponte va regolato in modo da far scomparire il suono nel telefono: questa operazione corrisponde all'azzeramento del galvanometro.

Il metodo dell'indicazione diretta

Questo sistema di misura della resistenza abbisogna soltanto di *un deviatore*, di *una sorgente di corrente* e di *un voltmetro*, del quale sia nota la resistenza interna.

Nella fig. 4 è riportato lo schema di collegamento di questi componenti. Per determinare la resistenza incognita R_x occorre effettuare soltanto due misure di tensione. Dapprima si porta il deviatore nella posizione 1. In questo caso il voltmetro indica, ovviamente, la tensione V della sorgente, dato che è collegato direttamente con la stessa senza interposizione di alcuna resistenza. Si commuta quindi il deviatore nella posizione 2, obbligando la corrente a passare attraverso al voltmetro nonchè alla resistenza incognita R_x. La tensione indicata ora dal voltmetro sia v.

Fig. 4

La resistenza incognita R_x si calcola con la seguente formula:

$$R_x = R_i \cdot (\frac{V}{v} - 1) \quad \text{. . . . . Formula (46)}$$

Problema: Durante la determinazione di una resistenza si ottenne nella prima misura $V = 110$ volt, nella seconda $v = 85$ volt. La resistenza del voltmetro è $R_i = 50\,000$ ohm. Qual è il valore di R_x?

Soluzione: $R_x = R_i \cdot (\frac{V}{v} - 1) = 50\,000 \cdot (\frac{110}{85} - 1)$; $R_x = 50\,000 \cdot (1{,}3 - 1) = 50\,000 \cdot 0{,}3 =$ *15 000 ohm.*

Se si eseguiscono le misure sempre esattamente con la medesima tensione V ed usando un voltmetro con la stessa resistenza interna R_i, non varia altro che il valore v, ossia la tensione indicata quando è inserita la resistenza R_x. In questo caso ad ogni indicazione v corrisponde una determinata resistenza R_x. Ciò permette di graduare la scala dello strumento direttamente in ohm. Si ottiene così un cosiddetto « *ohmmetro* ». Un siffatto strumento consente quindi di eseguire misure dirette di resistenza. La figura 5 rappresenta uno strumento di questo tipo, usato soprattutto come *prova-linee* (cioè per stabilire se in una determinata linea non ci sono delle interruzioni). Esso contiene nella parte inferiore *una pila* da lampadina tascabile.

Esistono inoltre strumenti per la misura di resistenze più elevate, i cosiddetti « *chiloohmmetri* » (fig. 6) e « *megaohmmetri* ». Questi strumenti richiedono l'allacciamento di una sorgente esterna di determinata tensione.

Fig. 5 — Prova-linee (ohmmetro)

Fig. 6 — Misuratore di resistenza (chilo-ohmmetro)

Il metodo della sostituzione

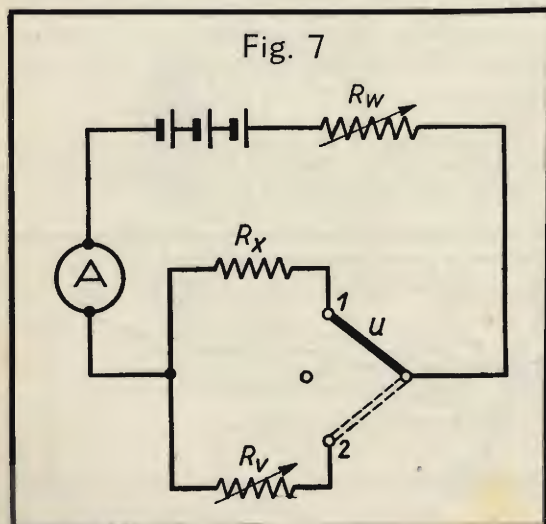



Fig. 7

In un altro sistema per la determinazione delle resistenze si procede alla *sostituzione* della resistenza incognita con una resistenza nota, stabilendo così il valore della prima. Lo schema usato è quello della fig. 7, dove A rappresenta un *amperometro*, R_W una *resistenza regolabile* (reostato) e U un *deviatore*. R_v è la *resistenza nota*, una cosiddetta « *resistenza di misura* ».

La misura col metodo della sostituzione avviene nel modo seguente: si porta dapprima il deviatore U nella posizione 1 (vedasi fig. 7); la corrente attraversa allora la resistenza da misurare R_x.

Per mezzo del reostato R_W si regola l'intensità della corrente, in modo da portarla ad un determinato valore. Supponiamo che in questa prima misura lo strumento indichi n divisioni della scala.

Si commuta quindi sulla posizione 2, facendo passare la corrente per la resistenza di misura. Generalmente l'indicazione dello strumento sarà differente da quella di prima, poichè le due resistenze R_W ed R_x sono diverse.

Si ripete l'operazione, variando la resistenza di misura, finchè l'indicazione dell'amperometro rimanga uguale nelle due posi-

zioni del deviatore. Essendo noto il valore della resistenza di misura, rimane pertanto determinato anche quello della resistenza R_x, che è identico.

Domande

1. Perchè nel ponte a filo si possono considerare le lunghezze del filo, in luogo delle sue resistenze parziali?
2. Quali sono le parti essenziali che compongono un ohmmetro?

TELEFONIA

La centrale telefonica

La centrale manuale

Nella Dispensa precedente è stato esaminato nei suoi particolari lo schema di una centrale manuale. In essa il collegamento degli utenti si effettua mediante cordoni. Si può però anche immaginare che i collegamenti tra gli utenti, o meglio tra gli attacchi degli utenti, siano già distesi nella centrale fin dal principio e che le connessioni vengano attuate per mezzo di pulsanti. Ricorderete il *selettore di linea,* nel quale i collegamenti si effettuano appunto per mezzo di pulsanti. C'è però la differenza che, mentre col sistema della *centrale a pulsanti,* questi sono tutti riuniti nel tavolo di un centralino, nel selettore di linea si trovano in ciascun apparecchio d'utente. Di conseguenza le numerose linee di collegamento risultano, nella centrale a pulsanti, assai brevi. *Lo schema del centralino a cordoni, tuttavia, è notevolmente più semplice ed occupa meno spazio.* Il centralino a pulsanti è adatto soltanto per impianti con meno di 50 utenti; è usato perciò assai di rado ed è pertanto inutile che ce ne occupiamo più diffusamente. L'importante è che abbiate ben compreso quanto vi è d'essenziale, tanto nel selettore di linea che nel centralino a cordoni; lo schema del centralino a pulsanti non è infatti che una combinazione di questi due sistemi.

La centrale semiautomatica

L'anello di congiunzione tra le centrali manuali e quelle completamente automatiche è costituito dalle cosiddette « *centrali semiautomatiche* ». L'operatrice riceve le chiamate e s'informa delle disposizioni degli utenti mediante le medesime manovre che si effettuano nelle centrali manuali; dopo l'esecuzione del collegamento, tutto procede però automaticamente. La signorina si limita a infilare la spina nella presa dell'utente da chiamare, senza preoccuparsi se la comunicazione venga attuata o no. Da questo istante provvedono gli appositi automatismi a controllare se l'utente chiamato è libero o occupato (come ciò avvenga, lo vedremo trattando della centrale automatica) e a darne avviso all'utente chiamante col corrispondente segnale. Se la linea è libera, la macchina di chiamata si inserisce a intervalli regolari, azionando la suoneria dell'utente chiamato. A comunicazione avvenuta, viene azionato il contatore, ove questo esista. Alla fine della conversazione un apposito segnale provvede ad avvertire l'operatrice che il collegamento va disfatto.

Di solito gli impianti di questo genere servono nel periodo di transizione dall'esercizio manuale a quello completamente automatico. Generalmente si comincia ad automatizzare una parte del servizio, per non dover attuare tutta la trasformazione in una volta sola.

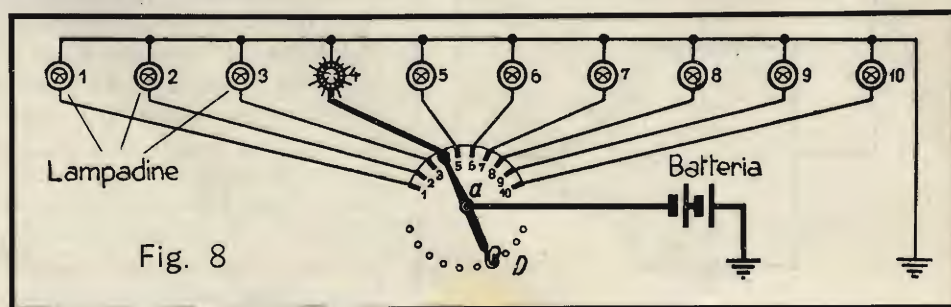
La telefonia automatica

Nella descrizione del servizio telefonico con smistamento manuale avete seguito in ogni dettaglio le numerose operazioni eseguite dall'impiegata del centralino, per effettuare un collegamento. La centrale semiautomatica rappresenta certamente una semplificazione nell'esercizio, ma anch'essa non cambia nulla nel fatto che lo smistamento manuale non solo richieda maggior tempo, ma sia inoltre gravato da svariati inconvenienti. Avvengono collegamenti errati ed altri errori di servizio; si incontrano difficoltà di comprensione dovute alla lingua o alla pronuncia, ecc. È da osservare inoltre che l'esercizio di una centrale manuale è più costoso di quello di una centrale automatica. Non dimentichiamo infine il lavoro, spesso quasi massacrante, dell'operatrice telefonica, alla quale si richiede, giorno e notte, la precisione e la mancanza di sensibilità proprie di una macchina. Già nel lontano 1879 un certo *Alman B. Strowger* si stizziva a causa del disservizio telefonico. Poichè non voleva continuare ad arrabbiarsi, si mise a cercare la possibilità di eliminare lo smistamento manuale delle comunicazioni e di far effettuare il collegamento direttamente dall'utente per mezzo di *selettori.* Incominciò così lo sviluppo della *telefonia automatica.* La prima *centrale telefonica automatica* venne installata a La Porte negli Stati Uniti d'America, nell'anno 1892. In Europa, l'automatizzazione delle reti telefoniche prese piede dopo la prima guerra mondiale.

Il principio di funzionamento

Con l'aiuto di un esempio semplicissimo, cercheremo di rendere facilmente comprensibile il principio fondamentale del *selettore* sviluppato da Strowger, e quindi della *telefonia automatica* (fig. 8).

Fig. 8

Il *commutatore rotativo D* serve per inserire a scelta una delle dieci lampadine disponibili. Esso è quindi dotato di *10 contatti,* disposti a semicerchio attorno all'asse del commutatore, sui quali striscia *una lamina metallica* fissata ad *un braccio girevole.* La linea proveniente dalla *batteria* fa capo a questo braccio. Quando si porta il

braccio del commutatore sul primo contatto, si accende la prima lampada; portato sul contatto 4, come nella figura, si accende la quarta lampada, e così via. Da quello che avete appreso finora, potete facilmente supporre che il braccio del commutatore può essere anche comandato a distanza.

Nella fig. 9 è rappresentato schematicamente un congegno di questo genere, *comandato a distanza*, costituente in linea di principio un *selettore telefonico*. La manovella del commutatore manuale è sostituita da *una ruota dentata Z*, alla quale è fissato rigidamente il *braccio di contatto*. Il cosiddetto « *nottolino* » *st* è imperniato nell'*ancoretta A di un elettromagnete M*, in modo che, quando l'avvolgimento di quest'ultimo è percorso da corrente continua ed esso attrae pertanto l'ancoretta, il nottolino ingrani in un dente successivo della ruota dentata, costringendo il braccio ad avanzare di un passo. A questo modo il braccio di contatto viene sospinto successivamente da un contatto all'altro.

Rappresentazione schematica del selettore a rotazione

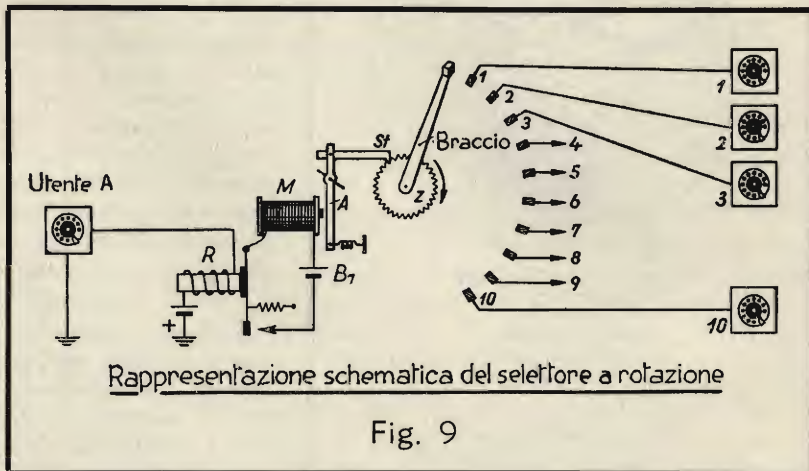



Fig. 9

L'elettromagnete M è alimentato dalla *batteria* B_1 attraverso *un relè a corrente di riposo R*. Quando l'utente A interrompe questa corrente, il relè R si diseccita, collegando nel medesimo istante l'elettromagnete M alla batteria B_1. L'elettromagnete attrae l'ancoretta A, il nottolino si sposta verso destra, urtando contro la ruota dentata Z, e il braccio passa al contatto seguente.

A ogni contatto è allacciata la linea di un utente. La linea dell'utente chiamante termina al braccio del selettore. Se abbiamo dunque dieci utenti allacciati alla centrale, occorreranno dieci selettori di questo genere, affinchè ogni utente possa raggiungere ciascun altro.

Questi cosiddetti « *selettori a rotazione* » sono collocati nella centrale e vengono comandati dall'utente mediante un certo numero di *impulsi* (interruzioni) della corrente di riposo. Quattro impulsi portano il braccio di contatto sul contatto 4, otto impulsi lo portano sul contatto 8, e così via. Ma in che modo l'utente può provocare questi impulsi? Serve a questo scopo il *disco combinatore.*

Il disco combinatore

L'apparecchio telefonico dell'utente possiede un cosiddetto « *dispositivo combinatore* », costituito dal *disco combinatore* e dal relativo *dispositivo d'interruzione.* Il disco, che avrete osservato in un qualsiasi telefono, ha un diametro di circa 8 cm ed è girevole attorno ad un asse. Esso è dotato alla periferia di *10 fori*, sotto ai quali sono incisi su *un disco fisso i numeri da 1 a 9 e lo zero.* Queste cifre sono chiaramente visibili attraverso ai fori del disco girevole. Nella parte anteriore si trova inoltre un *arresto*, che sporge alquanto sopra il disco girevole. All'atto della formazione di ciascun numero, il disco viene *caricato* fino a toccare col dito questo arresto (fig. 10).

Il *dispositivo interruttore* è simile ad un meccanismo d'orologeria, costituito da *una ruota dentata* che, mediante *un albero elicoidale*, aziona un *settore d'impulsi* ed un *contatto d'impulsi.* La velocità di ritorno del disco è regolata a mezzo di *un freno*, messo a punto in modo, che il tempo di ritorno equivalga ad 1 secondo, quando il disco sia stato completamente caricato.

Carica del disco combinatore

La molla fissata all'asse viene tesa. La ruota piccola gira con l'asse, quella grande sta ferma.

Fig. 10

Ritorno del disco combinatore

La ruota dentata grande provoca la rotazione dell'albero elicoidale del settore d'impulsi.

Fig. 11

Il meccanismo del disco combinatore è fatto in modo che, nella fase di ritorno, il contatto d'impulsi apra e chiuda il circuito della linea adducente al selettore situato in centrale (fig. 11). Il numero degli impulsi equivale al numero formato. *Gli impulsi sono da considerare come segnali telegrafici ricevuti dal selettore nella centrale, del quale provocano il movimento.*

Disco combinatore
1 = ruota dentata
2 = albero elicoidale
3 = settore d'impulsi
4 = contatto d'impulsi
5 = freno
6 = nottolino
7 e 8 = contatti di corto circuito del microfono e del telefono

Fig. 12

La fig. 12 rappresenta *il meccanismo del disco combinatore*, la parte cioè che si trova nell'interno dell'apparecchio. La *ruota dentata* 1 ingrana con l'*albero elicoidale* 2. Ruotando il disco, si carica la *molla* incorporata nel meccanismo (non visibile nella fig. 12, ma indicata schematicamente nella fig. 11); durante questo movimento, il *nottolino* 6 impedisce la rotazione della ruota dentata 1. (Il nottolino si riconosce anche nelle figure 10 e 11, benchè rappresentato in modo differente). La ruota 1 gira soltanto nella fase di ritorno del disco combinatore, trasmettendo il movimento all'albero elicoidale 2. (Osservate nuovamente le figure 10 e 11!)

All'albero elicoidale è applicato il *freno* 5, che serve ad ottenere una rotazione uniforme del disco durante il ritorno. L'albero elicoidale porta inoltre, all'estremità inferiore, un *disco semicircolare* 3 di materiale isolante (fibra), il cosiddetto « *settore d'impulsi* ». (Esso risulta più chiaramente nelle figg. 10 e 11). Durante la rotazione dell'albero, il settore d'impulsi passa attraverso ai *contatti d'impulsi* 4, provocando brevi interruzioni della corrente di riposo. Fanno infine parte del dispositivo combinatore le *due lamelle* 7 e 8, le quali costituiscono *un contatto*, che si chiude non appena il disco combinatore venga spostato dalla posizione di riposo, rimanendo chiuso fino al ritorno del disco nella posizione predetta. Questo contatto serve a cortocircuitare il microfono ed il telefono dell'apparecchio durante la manovra del disco combinatore, allo scopo di sopprimere gli sgradevoli crepitii che altrimenti si udirebbero nel ricevitore.

Il selettore a rotazione

Consideriamo di nuovo il *selettore situato in centrale* ed esaminiamo dapprima il *selettore a rotazione* (figura 13). Esso si compone essenzialmente di due parti: *meccanismo di commutazione* (*contatti striscianti*, nel centro della figura, ed *elettromagnete*, in basso a destra) e *banco di contatto*. Il *banco di contatto* è costituito dall'insieme delle *lamelle di contatto*, sovrapposte ed isolate accuratamente le une dalle altre.

Fig. 13

Il numero delle *lamelle di contatto* giacenti in un piano equivale al numero di linee, che devono poter essere raggiunte dal braccio di contatto del meccanismo commutatore. Secondo lo schema della centrale, *a ciascuna linea* sono assegnate *tre o quattro lamelle di contatto*, alle volte anche un numero maggiore. Esse si chiamano « *contatto a, b, c* », ecc. (P. es., nella fig. 13 si vedono 4 file di contatti). I *contatti a* e *b* costituiscono *i terminali dei due conduttori di linea*; i *contatti c* servono *per il circuito di prova* e gli *ulteriori eventuali contatti* sono previsti *per funzioni speciali di commutazione.* Facendo un paragone col centralino manuale, *il banco di contatto sostituisce il pannello delle prese.*

Come vi ricorderete, ogni presa possiede tre attacchi designati anch'essi con le lettere *a*, *b*, *c*. *La lamina strisciante del selettore fa le veci della spina di un cordone di collegamento della centrale manuale.* Naturalmente ci sono altrettanti *bracci di contatto* quante sono le file di contatti del banco; si distinguono quindi il *braccio a*, *b*, *c*, ecc. Essi sono fissati sull'albero in modo da girare come le lancette di un orologio durante la rotazione dell'asse, fermandosi in corrispondenza di uno qualsiasi dei contatti. Una delle prime condizioni di buon funzionamento per un selettore è che si abbia un buon contatto. Per questa ragione *le lamine striscianti* dei bracci di contatto *sono doppie* e fatte in modo da toccare i contatti da entrambi i lati contemporaneamente.

Quando il braccio mobile giunge in corrispondenza del contatto appartenente al numero formato, esso si arresta per mancanza di successivi impulsi; risulta così attuato il collegamento telefonico. Alla fine della conversazione *uno speciale congegno* provvede ad applicare all'elettromagnete tanti impulsi, quanti sono necessari per riportare il meccanismo di commutazione nella primitiva posizione di riposo. Questo congegno è messo in funzione automaticamente nel momento in cui viene riappeso il ricevitore da parte degli utenti. Dalla posizione iniziale, a quella di riposo, il selettore compie pertanto una rotazione intiera.

Selettore a sollevamento e rotazione

Fig. 14

Come risulta dalla fig. 13, esistono però anche *selettori* dotati di *tre bracci striscianti*, spostati di 120° tra loro e giacenti nel medesimo piano. Nei selettori di questo tipo *una coppia di lamine striscianti* entra subito in funzione, non appena quella precedente ha abbandonato il banco di contatto.

Negli impianti più grandi, ove i selettori con la capacità di sole 10 linee non sono più sufficienti, si fa uso di una *costruzione speciale* formata da *dieci banchi di contatto* riuniti uno sopra l'altro, in modo da realizzare *10 decadi*.

Un selettore così composto può accogliere 100 linee e si chiama « *selettore a sollevamento e rotazione* ». La figura 14 rappresenta schematicamente un *selettore a sollevamento e rotazione*. I cento contatti del banco di contatto sono disposti su dieci file di dieci contatti ciascuna. Poichè per ogni attacco si richiedono *3 contatti*, ci sono complessivamente *300 lamelle*, suddivise in tre ordini sovrapposti di 100 ciascuno (banco *a*, banco *b*, banco *c*) (fig. 15). Per semplificare le nostre spiegazioni consideriamo un solo banco come nella fig. 14. *Una sbarra dentata h*, dotata di dieci dentature circolari, ed *un cilindro i*, provvisto di dieci scanalature longitudinali, permettono di sollevare il *braccio di contatto f* di dieci passi e di fargli compiere dieci passi rotativi. Il sollevamento e la rotazione sono provocati da *elettromagneti* (*a* e *b*).

Ad ogni passo di sollevamento, il braccio si solleva all'altezza di una successiva fila di lamelle (decade), mentre con ogni passo di rotazione orizzontale, esso si dispone a contatto di una successiva lamella della decade, esattamente come il selettore a rotazione.

Il banco di contatto è disposto su una sezione cilindrica, e pertanto *i bracci di contatto sono in grado di raggiungere ogni singola lamella, mediante uno spostamento rettilineo verticale ed una rotazione orizzontale*. La fig. 16 mostra un selettore a sollevamento e rotazione completo, costituito da tre banchi di contatto.

Fig. 15

Fig. 16

Illustreremo il funzionamento del selettore con un esempio (fig. 17). Supponiamo che si voglia chiamare l'utente N. 35. L'utente chiamante deve formare sul proprio disco combinatore dapprima un 3 e poi un 5. I tre impulsi della prima serie agiscono, tramite il relè a corrente di riposo (non disegnato nella figura), sul *magnete di sollevamento*. L'ancoretta di quest'ultimo aziona per tre volte il nottolino, sollevando di tre passi l'albero dentato, assieme al braccio di contatto che con esso è solidale. Ognuno dei dieci denti circolari dell'al-

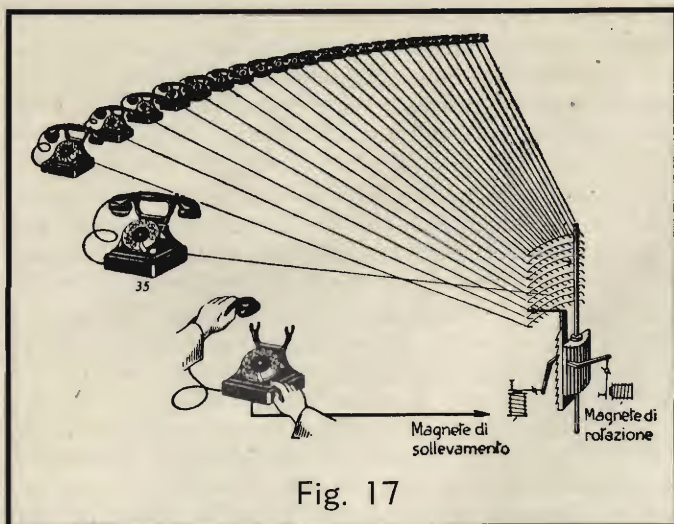



Fig. 17

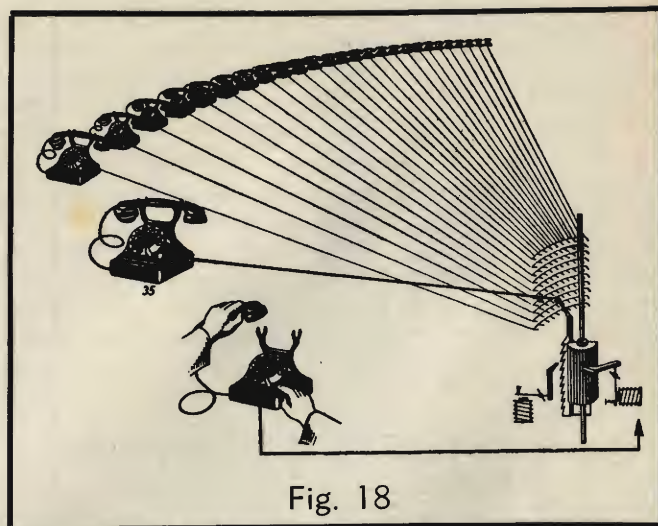



Fig. 18

bero corrisponde ad una delle dieci decadi del selettore. In tal modo il braccio viene portato all'altezza della terza decade. La breve pausa che interviene dopo l'ultimo impulso di sollevamento, mentre si procede alla ricarica del disco combinatore, serve per effettuare, a mezzo di relè, la commutazione automatica dalla funzione di sollevamento a quella di rotazione.

La seconda serie di impulsi (nel nostro esempio sono 5) non agisce quindi più sul magnete di sollevamento bensì *su quello di rotazione*. Mediante un meccanismo di leve, analogo a quello del magnete di sollevamento, esso provoca lo spostamento orizzontale del braccio, facendolo strisciare sui contatti dal primo al quarto, per arrestarlo in corrispondenza del contatto N. 5 (fig. 18).

Nell'istante in cui il braccio di contatto ha raggiunto la lamella dell'utente richiesto, entra in funzione *un relè* col compito di stabilire se l'utente chiamato è libero. Il criterio che permette di riconoscere lo stato della linea è dato, come nel centralino manuale, dalla tensione del conduttore *c*. Se questo è senza tensione, ciò significa che l'utente è libero, e pertanto l'utente chiamante riceve *il segnale corrispondente*. Quando invece il chiamato è occupato, interviene *un segnale acustico diverso*. Nel caso che la linea sia libera, avviene automaticamente la chiamata dell'utente richiesto, sulla linea del quale è inserita a intervalli regolari la macchina di chiamata, che serve per tutti gli utenti. Nel momento in cui l'utente richiesto solleva il ricevitore, la macchina di chiamata viene distaccata e si realizza il collegamento all'utente chiamante, attraverso la centrale. Alla fine della conversazione gli utenti appendono i ricevitori. Allora il magnete di rotazione riceve automaticamente tanti impulsi, quanti ne occorrono per far scorrere il braccio di contatto sopra tutti i contatti della decade; giunto alla fine della corsa orizzontale, esso ricade in basso, per effetto del proprio peso, e viene riportato da *una molla* nella posizione primitiva. Il ritorno del selettore nella posizione iniziale è tanto rapido, che gli utenti possono praticamente formare un nuovo collegamento subito dopo aver riappeso il ricevitore.

Domande

1. In che modo funziona il selettore a rotazione?
2. Come vengono generati gli impulsi che azionano il selettore a rotazione?
3. Gli impulsi emessi dal disco combinatore agiscono direttamente sull'elettromagnete del selettore?
4. Quanti collegamenti si possono effettuare con un normale selettore a sollevamento e rotazione?
5. In che modo funziona il selettore a sollevamento e rotazione?

ELETTROTECNICA GENERALE

L'impedenza

Dobbiamo ricavare ora le nuove, importanti regole, che riguardano le connessioni tra resistenze ohmiche e reattanze. Nella Dispensa N. 5 avete conosciuto il collegamento in serie ed in parallelo di resistenze ohmiche o, come si suol dire, attive. Nel collegamento in serie la resistenza complessiva diventava maggiore; nel collegamento in parallelo, minore. Nella Dispensa N. 10 avete appreso invece il calcolo delle reattanze, partendo dai valori di induttanza, di capacità e di frequenza o pulsazione. Vale infatti la relazione $R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L$ (formula 27) e $R_{cap} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ (formula 29). Avete appreso inoltre che la risultante del collegamento in parallelo di varie reattanze induttive o capacitive, le une e le altre per proprio conto, si calcola con le medesime regole usate per le resistenze ohmiche. Così, per esempio, se si collegano in serie due reattanze induttive di ugual valore, si ottiene la reattanza doppia.

Non vi è stato però ancora spiegato che cosa risulti, per esempio, dal collegamento in serie di una resistenza ohmica con una reattanza induttiva. Come sapete, esiste una differenza essenziale tra queste due grandezze; *nella resistenza percorsa da corrente si consuma una potenza, nell'induttanza no. Nella resistenza attiva la tensione e la corrente sono in fase; nella reattanza pura sono invece sfasate di 90°.* Normalmente qualsiasi bo-

bina possiede anche una certa resistenza ohmica e si può pertanto considerare come collegamento in serie di una induttanza con una resistenza. Non vi meraviglierà di apprendere che, in questo caso, si manifesta uno sfasamento compreso tra 0° (per la pura resistenza) e 90° (per la pura induttanza). Un complesso di questo genere, nel quale si potrebbe riscontrare, per esempio, uno sfasamento di 30° fra tensione e corrente, costituisce una *impedenza* o *resistenza apparente*.

Dobbiamo conoscere ora meglio che cosa sia l'*impedenza* e imparare a calcolarla. Il suo valore non si può ottenere sommando semplicemente resistenza e reattanza, dovendosi considerare pure l'*angolo di sfasamento* esistente tra queste grandezze.

Determinazione dell'impedenza col metodo grafico

Il valore dell'impedenza si ottiene graficamente, riportando la resistenza ohmica in una scala determinata e aggiungendo la reattanza sotto un angolo di 90°, per considerare lo sfasamento dovuto all'induttanza. Si forma in tal modo un triangolo rettangolo, figura geometrica che già conoscete dallo studio della trigonometria (fig. 19). L'*impedenza* corrisponde all'*ipotenusa*, mentre la *resistenza ohmica* e la *reattanza* costituiscono i *cateti*. Chiariremo subito la cosa con un esempio.

Problema:

Qual è il valore dell'impedenza di una bobina, alla frequenza di 50 Hz, posto che essa abbia un'induttanza $L = 2$ H ed una resistenza attiva $R_{att} = 200$ ohm?

Fig. 19

Soluzione:

Calcoliamo dapprima la reattanza.

$R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 2 = 628\ \Omega$. Stabiliamo che nella rappresentazione grafica 1 cm debba equivalere a 100 Ω. Tracciamo quindi una linea orizzontale lunga cm 6,28, la quale rappresenta la *reattanza* (figura 20). A un'estremità di questa retta tracciamo con un angolo di 90°, quindi in direzione verticale, una linea di cm 2, corrispondente alla *resistenza attiva*, che è uguale a 200 Ω. Colleghiamo infine il punto A col punto B, tracciando l'ipotenusa del triangolo. Misuriamo col regolo la lunghezza di questo lato e troviamo cm 6,6. L'*impedenza* della bobina equivale quindi a *660 ohm*.

Fig. 20

Allarghiamo ora il quesito per farvi comprendere meglio l'utilità di questo calcolo. Chiediamoci quale sarà l'intensità della corrente che attraverserà la bobina, nel caso che venga allacciata alla tensione alternata di 220 V e 50 Hz.

Conosciamo il valore dell'impedenza: essa è uguale a 660 Ω. La corrente si calcola conformemente alla legge di Ohm, ponendo, in luogo della resistenza R, il valore dell'impedenza.

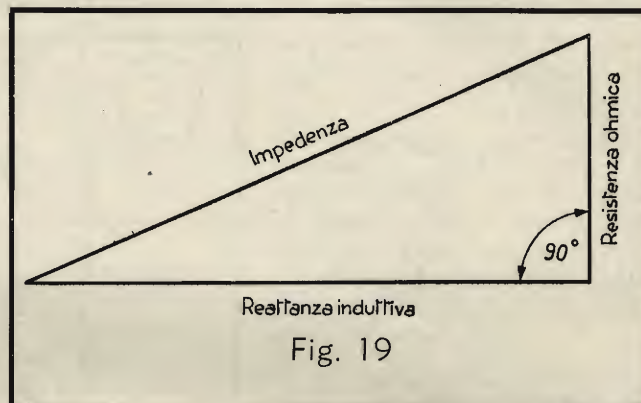
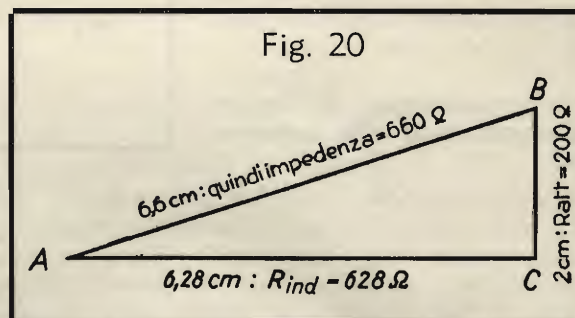
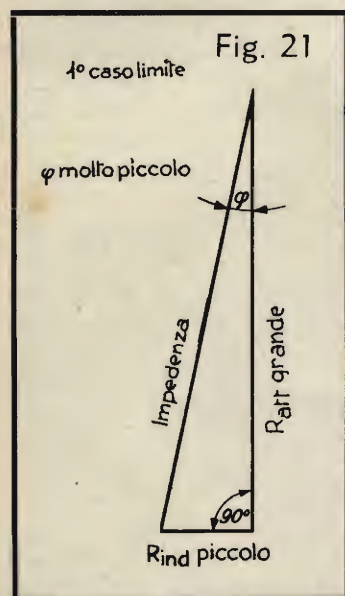
Troviamo allora: $I = \frac{V}{R} = \frac{220}{660} = \frac{1}{3} = 0{,}333$ *ampère.*

L'angolo di fase φ

Fig. 21

Dalle riflessioni ora fatte risulta che l'angolo di fase, tra la tensione e la corrente, deve dipendere dal rapporto sussistente tra la resistenza attiva e la reattanza.

Quando abbiamo molta reattanza e poca resistenza, otteniamo un angolo di fase φ (leggi « fi ») vicino a 90°. Quando invece è preponderante la resistenza attiva otteniamo un angolo di fase vicino a 0°. In breve:

1° caso-limite: R_{att} *grande e* R_{ind} *piccolo* ⟹ φ *molto piccolo.*

2° caso-limite: R_{att} *piccolo e* R_{ind} *grande* ⟹ φ *molto grande, quasi 90°.*

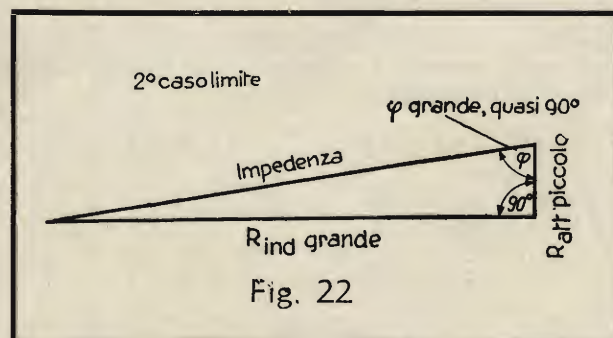



Fig. 22

Rappresentiamo questi due casi-limiti per mezzo dei nostri triangoli rettangoli (figg. 21 e 22).

Siamo certi che, dopo la facile conclusione di cui sopra, sareste riuscito da solo a trovare dov'è situato l'angolo φ nel triangolo rettangolo. Esso è *l'angolo racchiuso tra le rette dell'im-*

pedenza e della resistenza attiva. Il valore di quest'angolo si può naturalmente misurare con un goniometro, ma si avrebbe un risultato poco esatto. Tuttavia le nostre cognizioni di trigonometria devono ben servirci a qualche cosa! R_{ind} è il cateto opposto, R_{att} il cateto adiacente. Ciò ci permette di calcolare la tangente dell'angolo φ:

$$tg\ \varphi = \frac{cateto\ opposto}{cateto\ adiacente} = \frac{R_{idn}}{R_{att}}$$

Ricordiamo quindi:

$$tg\ \varphi = \frac{R_{ind}}{R_{att}} \quad \text{. . . . . Formula (47)}$$

Calcoliamo ora l'angolo di fase φ nell'esempio della bobina considerata più sopra; ciò servirà per farci riflettere bene sulle varie relazioni.

Nel nostro caso $tg\ \varphi = \frac{628}{200} = 3{,}14$. Nella Tabella N. 8 (Dispensa N. 11) troviamo 3,07768 = tg 72° e 3,27085 = tg 73°. Il valore 3,14 sta circa in mezzo e pertanto l'angolo di fase è φ = 72 1/2°.

La resistenza e la reattanza della nostra bobina si possono rappresentare conformemente allo schema della fig. 23-a, in cui R_{ind} e R_{att} sono semplicemente collegate in serie. Si ottiene così la *relazione tra corrente e tensione* esposta nella fig. 23-b.

La corrente segue quindi la tensione di 72 1/2°; essa raggiunge infatti il proprio valore massimo *dopo la tensione.*

Fig. 23

Determinazione dell'impedenza col metodo matematico

Il *metodo grafico* per la determinazione dell'impedenza non è molto preciso ed è anche un po' laborioso. Esiste però anche un *metodo matematico,* fondato sul *teorema di Pitagora.* Questo teorema vi è certamente già noto dalla scuola e rinunciamo perciò a darvene qui la dimostrazione. Esso si enuncia così: « *La somma delle aree dei due quadrati costruiti sui cateti equivale all'area del quadrato costruito sull'ipotenusa* ». Applicato al triangolo della fig. 19, il teorema di Pitagora dice: $(impedenza)^2 = (resistenza)^2 + (reattanza)^2$

Ponendo nuovamente R_{att} per la resistenza ohmica e R_{ind} per la reattanza induttiva, possiamo scrivere: $(impedenza)^2 = R_{att}^2 + R_{ind}^2$

Estraendo la radice quadrata di entrambi i membri dell'equazione, otteniamo la formula per il calcolo dell'impedenza:

$$Impedenza = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2} \quad \text{. . . . (Formula (48)}$$

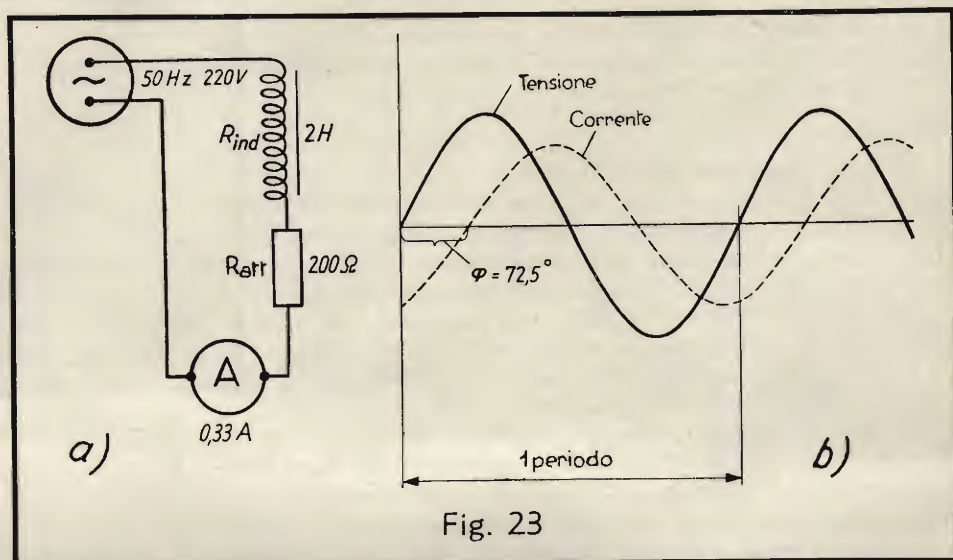
Tornando al problema della nostra bobina, siamo ora in grado di calcolare l'impedenza con l'aiuto della nuova formula. Avevamo: R_{att} = 200 Ω e R_{ind} = 628 Ω. Otteniamo quindi: $Impedenza = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2} = \sqrt{200^2 + 628^2} = \sqrt{4 \cdot 10^4 + 39{,}4 \cdot 10^4} = \sqrt{43{,}4 \cdot 10^4} = 659{,}078\ \Omega.$

Come vedete, col metodo matematico si ottiene un risultato più preciso che col metodo grafico.

Problema:

Calcolate l'impedenza di una bobina, che possiede una reattanza di 11 Ω e una resistenza di 4,8 Ω. Qual è l'intensità della corrente che l'attraversa, quando è allacciata alla tensione alternata di 220 volt? Quale sfasamento si manifesta tra la corrente e la tensione?

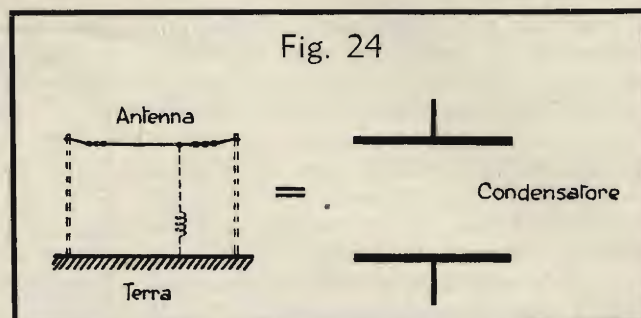
Soluzione: $Impedenza = \sqrt{R_{att}^2 + R_{ind}^2} = \sqrt{4{,}8^2 + 11^2} = \sqrt{23{,}04 + 121} = \sqrt{144{,}04} = 12\ \Omega.$

$I = \frac{220}{12} = 18{,}3\ ampère;\quad tg\ \varphi = \frac{11}{4{,}8} = 2{,}29;\quad \varphi = 66\ \frac{1^\circ}{2}$

RADIOTECNICA

L'ANTENNA

Suoi compiti ed effetti

Se qualcuno vi domanda a che cosa serve l'antenna, rispondete senza esitazioni: *per irradiare, oppure per assorbire le onde della radio.* Poichè da principio gli scienziati non potevano concepire la propagazione delle onde elettromagnetiche, senza ammettere l'intervento di un *mezzo materiale* (pensate alle onde dell'acqua), essi supposero l'esistenza dell'*etere.* Si pensa così che l'etere trasporti le oscillazioni delle onde elettromagnetiche, che gli sono impresse dall'antenna trasmittente, fino all'antenna ricevente. Quest'ultima segue le oscillazioni dell'etere e si manifesta così verso terra, nella linea di discesa, una tensione alternata, che consente di far funzionare l'apparecchio ricevente, sia esso una semplice radio a galena, oppure un ricevitore dotato di numerose valvole amplificatrici.

L'antenna trasmittente e quella ricevente si comportano come i due avvolgimenti di un trasformatore. Direte subito che, in questo caso, il grado di accoppiamento deve essere molto basso; avete ragione! Infatti nell'*antenna trasmittente* agisce *una potenza considerevole* (p. es. 150 kW), mentre nell'*antenna ricevente* si ottengono solo *piccolissime tensioni di pochi millivolt.* Per poter completare il paragone col trasformatore, dobbiamo proseguire ancora un poco con le nostre riflessioni. Conoscendo *le antenne* per averne vedute alcune, osserviamo che esse sono costituite, nel caso più semplice, *da un filo teso*: di spire e avvolgimenti non ce n'è nemmeno l'ombra. Voi sapete però che *due piastre affacciate costituiscono un condensatore*; in elettrotecnica si dice che esse posseggono *una capacità mutua.* Anche *l'antenna costituisce un condensatore,* le cui piastre o *armature* sono *il filo e la terra. La capacità esistente tra il filo dell'antenna e la terra chiude il circuito dell'antenna stessa e fa sì che essa costituisca una grande spira* (fig. 24). Nel caso del trasformatore, l'effetto di un avvolgimento sull'altro viene aumentato usando un nucleo di ferro. Ciò non si può fare con l'antenna; si ottiene invece un miglioramento facendo l'antenna molto alta, in modo che possa raccogliere liberamente le onde trasmesse attraverso l'etere.

L'antenna di trasmissione

È chiaro che la costruzione di un'*antenna di trasmissione* debba richiedere le massime cure, nell'intento di ottenere la migliore ricezione presso tutti gli ascoltatori. Per questa ragione gli *impianti di emissione* sono sempre eretti *in località completamente aperte,* fuori delle città. Nelle costruzioni più recenti si preferisce usare come antenna trasmittente un cosiddetto « *pilone a oscillazione propria* ». Esso è costituito da un *pilone a traliccio,* poggiante *su un piede isolante di porcellana* e *trattenuto da funi,* interrotte in più punti mediante *isolatori.* Questo pilone irradia nello spazio le onde ad alta frequenza. *Le antenne delle trasmittenti ad onde medie hanno altezze varianti tra i 100 ed i 250 metri.*

L'antenna di ricezione

È ovvio che gli impianti di ricezione non possono essere complessi e costosi come quelli di trasmissione. Ciò sarebbe del tutto antieconomico. È vero infatti che, possedendo un'antenna veramente buona, si richiede una minore amplificazione; tuttavia un amplificatore costa oggi meno di un grande impianto d'antenna. Un certo minimo di spesa è però indispensabile anche nel caso dell'antenna di ricezione. Comprenderemo meglio questa affermazione facendo un paragone con le onde dell'acqua. In alto mare ci sono onde alte e potenti: il mare è mosso. Nel porto invece le onde sono basse e deboli, essendo trattenute dalle dighe e dai moli. Analogamente, *le antenne situate in aperta campagna vengono colpite da onde elettromagnetiche forti, poichè queste non incontrano ostacoli* e non sono quindi impedite nella loro propagazione, prescindendo dal fatto che, allontanandosi dalla stazione emittente, esse si indeboliscono sempre più. *Nel mare di case delle grandi città le onde radio incontrano invece numerosissimi ostacoli, per la qual cosa rimangono fortemente indebolite.*

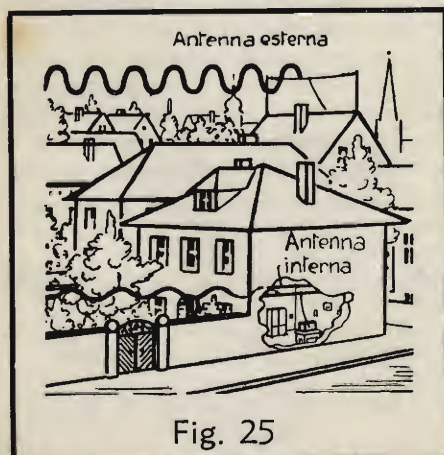
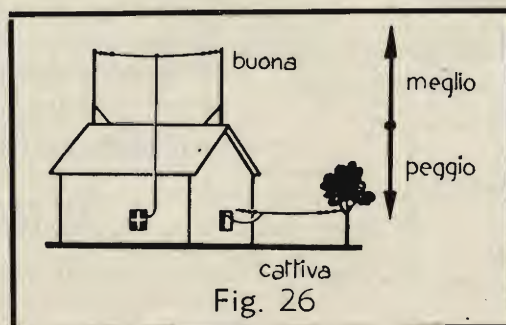



Fig. 25

Questa è la ragione per cui le antenne interne permettono una ricezione meno buona che le antenne esterne, tese in alto sopra i tetti (fig. 25).

È importante sapere che le antenne sono tanto migliori, quanto più sono tese in alto (fig. 26). Se l'energia raccolta da un'antenna tesa 6 metri sopra il tetto si suppone uguale al 100 %, si ottiene il 75 % con un'antenna tesa nel solaio, il 50 % per un'antenna da camera nel secondo piano (di una casa a due piani), il 20 % per una nel primo piano e solo il 7,5 % al piano terreno. La diminuzione del rendimento dell'antenna è ancora maggiore nelle case di cemento,

Fig. 26

specie se armato. Un'antenna tesa in cantina non riceve infine che il 4 % circa dell'energia che potrebbe assorbire sopra il tetto. Prima di spiegare come viene costruita un'antenna aerea, dobbiamo dire qualcosa sui materiali che si impiegano allo scopo.

Filo d'antenna e isolamento.

Per i fili d'antenna tesi all'aperto esistono delle norme particolari, che prescrivono le sezioni minime necessarie per evitarne le rotture. È prescritta inoltre la minima *freccia* dell'arco formato dal filo pendente; ciò equivale a stabilire *un limite alla tensione del filo*, poichè per ottenere una freccia piccola è necessario che il filo sia molto teso. A questo riguardo è molto importante l'effetto delle variazioni di temperatura. Come certamente sapete, alle temperature basse il filo si raccorcia e diventa conseguentemente più teso. Le tabelle seguenti danno i valori prescritti.

Il materiale più adatto per costituire una *antenna* è la *cordina di rame elettrolitico* oppure *di bronzo fosforoso*, composta di 5 o 7 trecciuole avvolte insieme. Ognuno di queste trecciuole (tréfoli) è formata da fili sottili di rame o di bronzo (da 7 a 13) del diametro di 0,15-0,30 mm. Una delle più usate cordine per antenna è costituita da 7 trefoli di 7 fili di bronzo da mm 0,20 o 0,25 di diametro. Questa cordina possiede quindi 7 . 7 = 49 fili da mm 0,2 a 0,25 ciascuno. Come filo d'antenna si può usare però anche del *filo semplice di rame nudo* con diametro da 2 a 3 mm.

Tabella N. 10	Diametro dei fili d'antenna		
Materiale	Campata (lunghezza dell'antenna), in m		
	20	30	40
	Diametro minimo, in mm		
Bronzo	1,5	1,5	1,5
Rame	2	2,5	3
Alluminio	2,5	3	3

Tabella N. 11	Freccia del filo d'antenna								
Temperatura in °C	Filo di bronzo 1,5 mm			Filo di rame da 3 e 4 mm, crudo			Filo di alluminio da 3 mm		
	20 m	30 m	40 m	20 m	30 m	40 m	20 m	30 m	40 m
	Freccia minima in centimetri								
— 10	7	14	25	9	19	33	4	8	15
0	9	18	31	12	24	40	6	12	21
+ 10	13	24	38	16	30	47	10	20	31
+ 20	17	30	46	22	36	54	18	30	43
+ 30	22	36	53	26	42	61	25	39	54

In confronto al filo semplice, la cordina ha però il vantaggio di possedere una superficie più estesa. Le correnti ad *alta frequenza* circolano infatti *quasi esclusivamente alla superficie dei conduttori*, e questa nel caso della cordina, per i numerosi fili che la compongono, è più estesa che nel caso del conduttore massiccio.

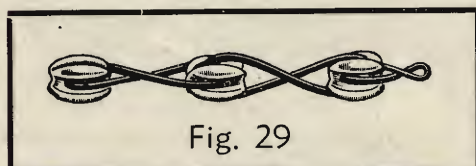
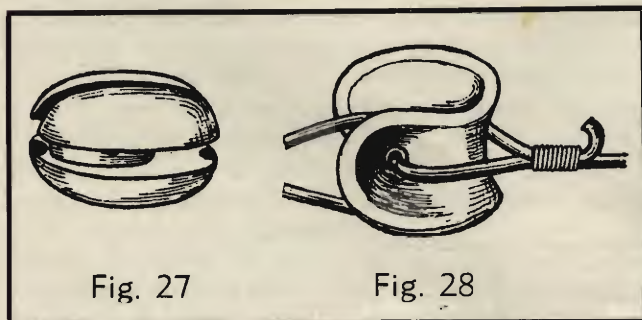
Fig. 27 Fig. 28

Un argomento particolarmente importante è costituito dall'*isolamento dell'antenna*. Come sapete dalla Dispensa N. 11, fig. 33, tra l'antenna e la terra è allacciata la bobina d'accoppiamento. Affinchè una tensione possa comparire ai capi di una bobina, è necessario che questa non sia cortocircuitata. La stessa cosa vale per l'antenna, ed è quindi *necessario che essa non sia collegata in nessun punto con la terra*. È indispensabile quindi un *buon isolamento del filo d'antenna*, per impedire che le onde raccolte passino a terra per un'altra strada anzichè attraverso la bobina d'accoppiamento. È quindi necessario che il filo d'antenna sia appeso mediante isolatori.

Fig. 29

L'isolamento dell'antenna si effettua a 1 o 2 metri di distanza dalla sospensione, utilizzando una serie di isolatori di forma *ovulare* o *a sella*. Nella fig. 27 è rappresentato un isolatore *a ovulo*, nella fig. 28 uno *a sella*. Entrambi sono di porcellana verniciata.

Con vari isolatori di questo genere si forma una *catena* che si inserisce

nel filo d'antenna da entrambi i lati. Gli isolatori vanno collegati tra loro mediante *fili d'acciaio zincato a fuoco*, *molle a spirale*, oppure *funi di canapa*. La fig. 29 mostra una catena costituita da tre ovuli di porcellana collegati mediante *anelli metallici zincati*. La catena della fig. 30 è formata invece da isolatori a sella, uniti con *molle d'acciaio inossidabile, zincato a fuoco*.

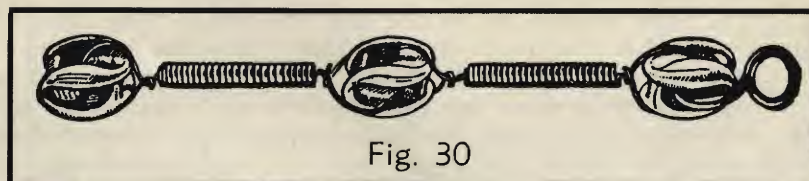



Fig. 30

La strana forma degli isolatori è dovuta a una prescrizione, per la quale si devono usare soltanto isolatori fatti in modo che l'antenna non possa cadere, nemmeno nel caso che si frantumino le parti di porcellana.

L'antenna esterna

Dopo aver esaminato gli elementi costitutivi, possiamo rivolgerci alle varie forme costruttive. *L'antenna esterna viene tesa generalmente tra un palo ed il tetto della casa.* Un sostegno posto sul tetto, come quello illustrato nella fig. 31, può contribuire notevolmente al miglioramento delle qualità dell'antenna.

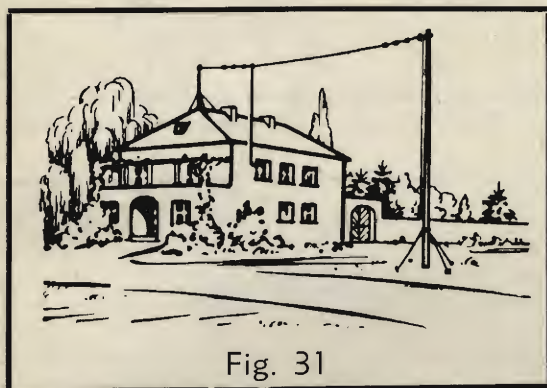



Fig. 31

Secondo il modo in cui la discesa è applicata al tratto orizzontale dell'antenna, si distinguono *antenne a T* e *antenne a L* (fig. 32-*a* e *b*). Quando l'antenna è costituita da *un solo filo*, si parla *di antenna semplice a T o a L*. Le antenne di *due fili* possono essere, a loro volta, del tipo *a doppia T* oppure *a doppia L* (fig. 33-*a* e *b*). Le antenne doppie si usano ormai raramente, poichè, rispetto a quelle semplici, non presentano sensibili vantaggi.

La lunghezza del tratto orizzontale dell'antenna dipende dall'onda che si desidera ricevere. Volendo sentire il maggior numero di stazioni, si consiglia di scegliere una lunghezza media. In pratica *si evita di superare i 30 metri di lunghezza*, mentre d'altra parte è *meglio non scendere sotto i 15 metri.*

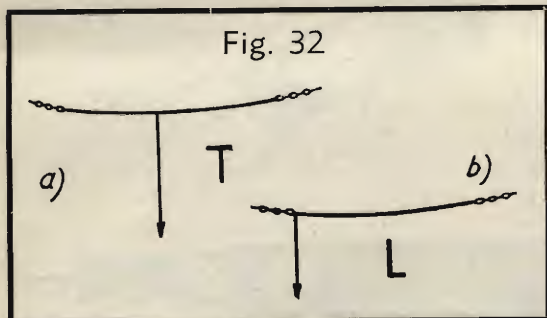



Fig. 32

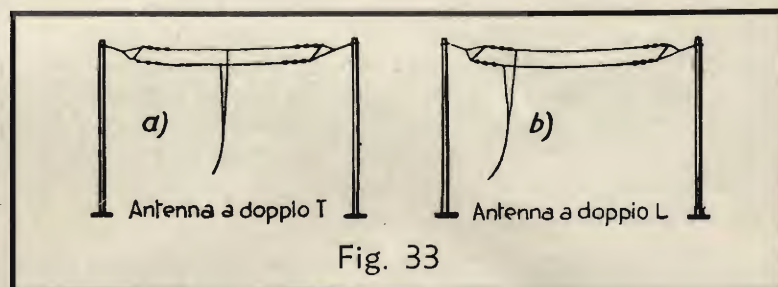



Fig. 33

Prescrizioni per l'installazione dell'antenna

Bisogna evitare, possibilmente, che l'antenna sia parallela ai fili di corrente di una ferrovia o tranvia elettrica, che eventualmente passi nelle immediate vicinanze. È anzi preferibile disporre l'antenna ad angolo retto rispetto alla linea della trazione elettrica (cioè in direzione perpendicolare ad essa) poichè le influenze disturbatrici si riducono in tal modo al minimo (v. fig. 34). *La stessa cosa vale* per l'installazione di antenne in prossimità di *linee elettriche di energia* o di *linee telefoniche.*

In nessun caso si deve tendere l'antenna al di sopra oppure al di sotto di linee ad alta tensione. Se i fili si spezzassero, ne potrebbero infatti conseguire degli effetti assai pericolosi.

In generale *non è permesso di superare con la campata di un'antenna, strade, piazze, linee elettriche.* Qualora lo si debba fare bisogna richiederne l'autorizzazione all'Ente pubblico competente.

Le *linee telefoniche* o *telegrafiche* si possono incrociare con le antenne solo più in basso ed alla distanza di *almeno 1 metro.*

Direzioni ad angolo retto tra loro

Fig. 34

I disturbi dovuti alle scariche elettriche

Prima di continuare nelle nostre considerazioni sull'antenna, dobbiamo farvi notare alcune manifestazioni che sicuramente già conoscete.

Vi sarete senza dubbio già accorti che l'inserzione di qualsiasi apparecchio elettrico provoca nella radio un crepitio. Qual è la causa di questi disturbi? Il nostro ricevitore è infatti accordato con la stazione desiderata; le altre frequenze non possono entrare. Si ha la spiegazione del fenomeno considerando che qualsiasi scintilla o scarica elettrica provoca una perturbazione elettromagnetica, costituita da onde delle alte frequenze più varie. Tra queste è certamente anche la frequenza della stazione ascoltata; la breve scarica si fa sentire pertanto sotto forma di crepitio. Molto più fastidiosi sono naturalmente gli effetti degli scintillii continuati, quali possono aversi nei *piccoli motori elettrici* privi di protezione contro i disturbi della radio. Di questa protezione parleremo in seguito. Naturalmente l'energia di questi disturbi è incomparabilmente inferiore a quella emessa dalle stazioni radiotrasmittenti, per la qual cosa essi si manifestano soltanto entro un piccolo raggio nei dintorni del punto di origine. L'antenna assorbe naturalmente anche questi disturbi. Disponendo l'antenna molto in alto, i disturbi si fanno sentire meno, essendo essi maggiormente in rapporto con le case; nello stesso tempo, più in alto, si ha un'intensità maggiore dell'onda che si vuol ricevere. *L'unico tratto disturbato è costituito dalla discesa.* Usando per la discesa un *conduttore circondato da una camicia metallica* (*isolata dallo stesso*), si impedisce al filo di discesa di accogliere le perturbazioni lungo i muri della casa. Questa camicia metallica costituisce uno *schermo* del filo di discesa.

La discesa schermata

La discesa va curata in modo particolare. *Se possibile, deve scendere perpendicolarmente dall'antenna al ricevitore*, senza poter oscillare in qua e in là per effetto del vento. Eventualmente va fissata mediante *staffe*, munite naturalmente d'*isolatore*.

Per proteggere le discese d'aereo dai disturbi si usano, come abbiamo già detto, dei cosiddetti « *conduttori schermati* », costituiti da *un filo centrale* e da *una camicia metallica esterna.*

Tali conduttori schermati sono in vendita in vari tipi. Il principio è naturalmente sempre il medesimo. Nell'interno di una *camicia flessibile* (*schermo*) si trova il conduttore vero e proprio, detto anche « *anima* ». Lo spazio tra lo schermo e l'anima è riempito d'*aria* o di *materiale isolante.* La figura 35 mostra due differenti cavi schermati. Nel primo il conduttore centrale è circondato dapprima *da spazi d'aria*, poi da *una nastratura isolante* (generalmente *di carta*), sulla quale è avvolto *un nastro metallico* costituente appunto lo schermo. Sopra questo è intrecciata una *calza*, impregnata e resistente alle intemperie. La struttura del secondo tipo di cavo risulta dalla figura.

Fig. 35
Cavo schermato

Calza
Isolante
Spazi d'aria
Conduttore
Schermo
Heliogen-Optimum

Un difetto della linea schermata è costituito dalla formazione della *capacità*. Poichè tanto l'*anima* che lo *schermo* sono *conduttori*, separati da uno strato isolante (dielettrico), essi costituiscono un *condensatore*. Come sapete, la capacità di un condensatore è tanto maggiore, quanto più vicine sono le armature che lo costituiscono, ossia quanto più sottile è il dielettrico. Per questa ragione *la distanza tra il conduttore centrale e lo schermo non deve essere troppo piccola.* Per mantenere piccola la capacità, si scelgono inoltre *materiali dotati di una piccola costante dielettrica* (vedasi Dispensa N. 7). Poichè l'aria possiede la più piccola costante dielettrica si preferiscono, tra i cavi schermati, quelli dotati di spazi d'aria. Il diametro esterno dei cavi schermati si aggira tra 12 e 16 mm per i *cavi da esterno*, e tra 7 e 10 mm per i *cavi da interno*. La capacità raggiunge in media da 25 a 40 pF per metro lineare.

I cavi schermati di discesa devono essere corti il più possibile, per limitarne la capacità complessiva.

Qualora la discesa non attraversi una zona di disturbo, basta naturalmente una *cordina nuda di rame*, fissata all'antenna con un morsetto.

L'antenna verticale

In molti casi non è disponibile uno spazio sufficiente per l'installazione di un'antenna orizzontale; si erige allora un'*antenna verticale*, la quale pure si è dimostrata ottima in pratica.

La fig. 36 mostra un'*antenna verticale* costituita da un tubo per gas da 3/8 di pollice, fissato al tetto mediante una squadra. *Il tubo dev'essere completamente isolato dal tetto.* Immediatamente all'estremità inferiore del tubo occorre sistemare un *dispositivo di protezione antifulmine*. Esso è costituito, in questo caso, da una *calotta emisferica* dai bordi dentellati. Nel caso che l'antenna venga colpita dalla folgore, questa si scarica, scoccando dalle dentellature della calotta alla squadra di fissaggio e raggiungendo per tal via la terra.

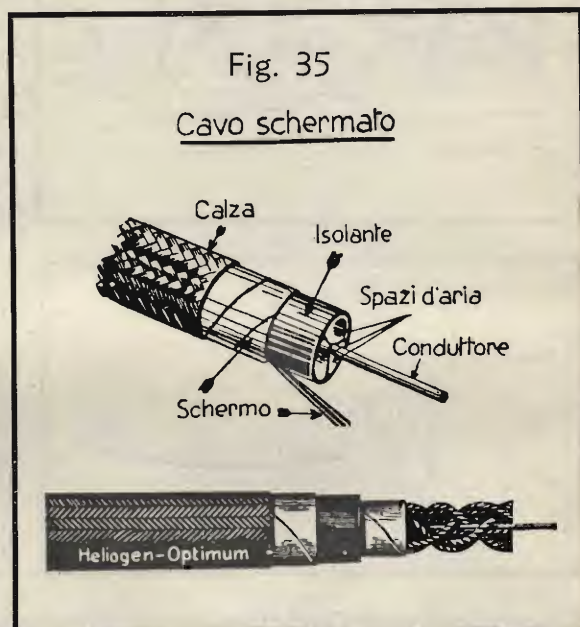
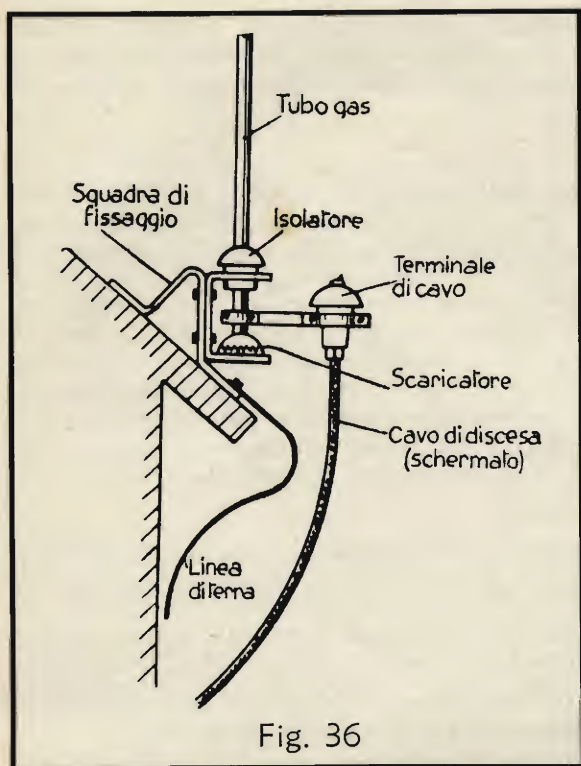



Fig. 36

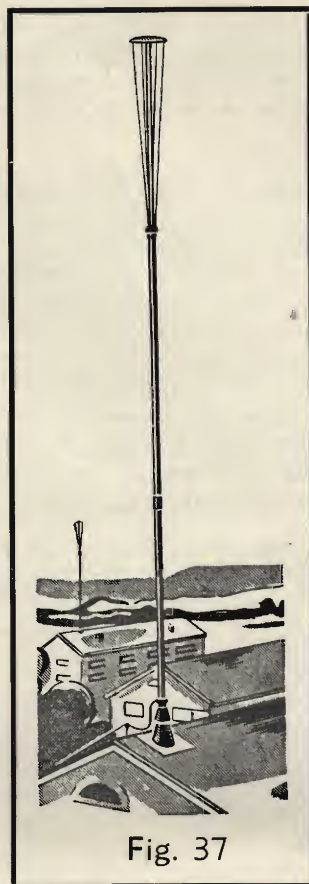



Fig. 37

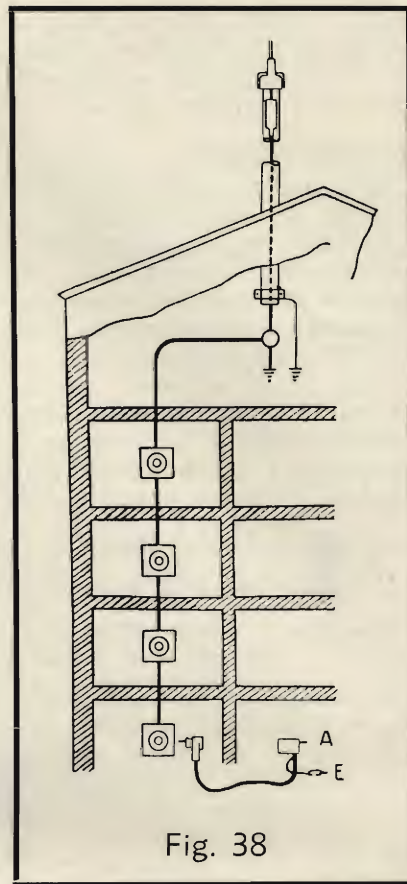



Fig. 38

Come conduttore di messa a terra si sceglie generalmente un *filo di rame con sezione di 25 mm²*. Questa protezione è del *tipo grossolano* e non sostituisce per nulla la protezione antifulmine fine della quale parleremo in seguito. Il *cavo di discesa* attraversa generalmente il tubo del gas, portandosi fino alla punta del tubo, dove si trova l'*antenna vera e propria*. Questa può essere di varie forme, per esempio *a sfera* o *a cestello*. La fig. 37 mostra un tipo d'antenna che ha dato buonissimi risultati, sia come *antenna singola* che come *antenna collettiva*. Delle *antenne collettive* parleremo nella prossima Dispensa. La fig. 38 mostra un impianto d'antenna collettiva con quattro prese. Queste sono dotate di resistenze incorporate, per evitare l'influenza reciproca degli utenti, dovuta, per esempio, a corti circuiti, ecc.

L'antenna interna

Dopo ciò che abbiamo spiegato, sarete convinti che l'*antenna da camera* non costituisce altro che un adattamento in mancanza di meglio. Spesso non è possibile applicare un'antenna esterna. Si distende allora un po' di filo nel locale, come è mostrato nella fig. 39. Per apparecchi di buona qualità, per ottenere la ricezione, basta infilare nella presa d'antenna un pezzo di filo lungo solo *mezzo metro*. In tali condizioni non ci si può però attendere una ricezione senza disturbi e non ci si deve meravigliare di poter ricevere solo poche stazioni, relativamente vicine. Per poter sfruttare bene un buon apparecchio è indispensabile disporre di una buona antenna.

Fig. 39

Nella prossima Dispensa accenneremo brevemente ad alcuni altri tipi d'antenna e tratteremo soprattutto le importanti prescrizioni sulla protezione antifulmine.

Domande

1. Quali tipi si distinguono tra le antenne tese orizzontalmente?
2. Un'antenna di filo di rame lunga 30 metri viene montata alla temperatura di 10° C. Quale diametro e quale freccia deve avere al minimo?
3. Come va installata un'antenna orizzontale in prossimità di una linea tranviaria?

ELETTROTECNICA GENERALE

La potenza in corrente alternata

Nella Dispensa N. 4 avete appreso con la formula (6) il modo di calcolare una potenza elettrica: $N = V \cdot I$. In quell'occasione ci siamo riferiti alle condizioni esistenti con la *corrente continua*. Nel caso delle cor-

renti alternate esistono, oltre alle resistenze ohmiche, le induttanze e le capacità, quindi le relative reattanze. Per di più i valori istantanei della corrente e della tensione variano continuamente nel ritmo della frequenza; ora sono positivi, ora negativi. Non vi stupirete pertanto nell'apprendere che il calcolo della potenza, nel caso della corrente alternata, avviene in modo un po' differente.

I valori efficaci

Qual è, nel caso della corrente alternata, il valore della tensione e dell'intensità di corrente, espresse rispettivamente in volt e in ampère? È da considerare come valore di una corrente alternata il *valore massimo*, ossia l'ampiezza, oppure soltanto una determinata parte della stessa? Per rispondere a questo quesito, facciamo un esperimento. Prendiamo una resistenza attiva, la quale presenti pertanto il medesimo comportamento, sia in corrente continua che in corrente alternata. Una resistenza di questa specie potrebbe essere, per esempio, una *lampadina a incandescenza*. Eseguiamo dapprima una misura in corrente continua: alimentiamo la lampada con 220 V e misuriamo 0,2 A, constatando che essa è regolarmente accesa. Applichiamo poscia una tensione alternata di cui variamo il valore, e di conseguenza quello della corrente, fino ad ottenere la medesima incandescenza di prima. Evidentemente la lampadina consumerà ora la medesima potenza di prima. L'*efficacia* della corrente è quindi la medesima; per questo si dice che il *valore efficace* della tensione alternata applicata alla lampadina è uguale a 220 V, e quello dell'intensità a 0,2 A; in altre parole, essi equivalgono ai valori della tensione e della corrente continua precedentemente considerate.

> *Il valore efficace di una tensione alternata, oppure di una corrente alternata, corrisponde al valore di una tensione continua, oppure di una corrente continua, che producano la medesima potenza.*

Chiamiamo i valori efficaci V_{eff} e I_{eff}, nel caso della corrente alternata, la potenza consumata in una resistenva attiva pura, chiamata analogamente *potenza efficace* N_{eff}, risulta dalla formula: $N_{eff} = V_{eff} \cdot I_{eff}$

Con ragione vorrete ora conoscere la relazione che intercorre tra il valore efficace e l'ampiezza o *valore massimo*, che chiameremo V_{max} e I_{max}. La relazione è identica per la corrente come per la tensione. Vale infatti:

$I_{max} = I_{eff} \cdot \sqrt{2} = I_{eff} \cdot 1{,}414$ e $V_{max} = V_{eff} \cdot \sqrt{2} = V_{eff} \cdot 1{,}414$.

Risolvendo queste equazioni per I_{eff}, rispettivamente per V_{eff}, si ottiene:

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{1{,}414} = \frac{1}{1{,}414} \cdot I_{max}, \text{ e poichè } \frac{1}{1{,}414} = 0{,}707, \text{ si ha:}$$

$$\boxed{I_{eff} = 0{,}707 \cdot I_{max}} \quad \text{. . . . . Formula (49)}$$

Analogamente possiamo scrivere per la tensione:

$$\boxed{V_{eff} = 0{,}707 \cdot V_{max}} \quad \text{. . . . . Formula (50)}$$

Nelle reti di corrente forte ci si riferisce sempre ai valori efficaci. La normale tensione alternata della rete da 220 V tocca quindi un valore massimo $V_{max} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311$ volt. Dicendo 220 V, noi intendiamo infatti parlare della tensione efficace. Le oscillazioni massime della curva della tensione raggiungono, in realtà, il valore di 311 V. Una lampadina a incandescenza si riscalda invece allo stesso modo, come se fosse alimentata con una tensione continua di 220 V.

La maggior parte degli strumenti di misura indica, per la corrente alternata, i *valori efficaci*, coi quali siamo soliti calcolare. In futuro quindi, anche nel caso della corrente alternata, scriveremo semplicemente V e I, ma intenderemo sempre i *valori efficaci. Alcuni strumenti di misura non indicano invece i valori efficaci*; ma su tale argomento ritorneremo in seguito.

La potenza attiva

Abbiamo ripetuto ormai varie volte che la tensione e la corrente sono in fase, qualora si abbiano soltanto resistenze ohmiche. In tal caso la *potenza* si calcola senz'altro mediante l'equazione $N = I_{eff} \cdot V_{eff}$. Differente è la situazione quando sono contenute nel circuito anche delle reattanze, poichè allora avviene uno spostamento di fase, il quale provoca pure una variazione della potenza. Occorre quindi tener conto non solo della resistenza ohmica del circuito, ma anche della sua *impedenza*. La formula per la potenza deve, in altre parole, considerare *il rapporto sussistente tra la resistenza ohmica e l'impedenza.* Osserviamo le figure 19 e 20 nel Capitolo sull'impedenza: constatiamo che R_{att} corrisponde al cateto adiacente all'angolo φ e l'impedenza all'ipotenusa.

Il rapporto $\dfrac{R_{att}}{\textit{impedenza}}$ equivale quindi al rapporto $\dfrac{\textit{cateto adiacente}}{\textit{ipotenusa}}$ dell'angolo φ, ossia al $\cos\varphi$. La formula per la potenza va moltiplicata per il valore $\cos\varphi$; otteniamo in tal modo la formula importantissima che dice:

$$\boxed{\textit{Potenza in corrente alternata } N = V \cdot I \cdot \cos\varphi} \quad \text{. . Formula (51)}$$

Naturalmente anche in questo caso si intendono i *valori efficaci*. Questa potenza è chiamata « *potenza attiva* » e si misura in watt, come la potenza in corrente continua.

Come si spiega che, nel caso di resistenze ohmiche, il fattore cos φ scompare? L'angolo di sfasamento è uguale in questo caso a 0°. Tuttavia il coseno di 0° è uguale a 1, come risulta dalla Tabella N. 8 della Dispensa N. 11. Se ne deduce pertanto che le due formule si equivalgono.

La potenza apparente

Contrariamente a quanto avviene nella tecnica delle correnti forti, nelle telecomunicazioni è spesso di scarso interesse il tener conto dello sfasamento φ. Spesso è sufficiente la conoscenza del prodotto dei valori efficaci della tensione e della corrente. Poichè però, eccetto nel caso che si abbiano soltanto resistenze ohmiche, non si tratta generalmente di una potenza vera e propria, detto prodotto viene chiamato « *potenza apparente* ». La formula che la esprime è dunque:

$$N_{app} = V_{eff} \cdot I_{eff}$$ . . . . . . Formula (52)

È ovvio pertanto che tra *potenza apparente* e *potenza reale* o *attiva* sussiste la seguente relazione:

$$N_{eff} = N_{app} \cdot \cos \varphi$$ . . . . . . Formula (53)

La differenza tra la potenza apparente e la potenza attiva viene espressa anche per mezzo dell'unità di misura usata. La *potenza attiva* si misura in *watt* oppure in *chilowatt* (W, kW), mentre la *potenza apparente* si indica, soprattutto nella tecnica delle correnti forti, in *voltampère*, rispettivamente in *chilovoltampère* (VA, kVA).

Problema:

$V_{eff} = 220$ V; $I_{eff} = 1$ ampère; $\varphi = 20°$. Qual è, rispettivamente, il valore della potenza attiva e della potenza apparente?

Soluzione:

$N_{eff} = 220 \cdot 1 \cdot \cos 20° = 220 \cdot 0{,}9397 =$ *206,7 watt*; $N_{app} = 220 \cdot 1 =$ *220 voltampère.*

Domande

1. Calcolate l'angolo di sfasamento tra la corrente e la tensione in una bobina di 1 H e 400 Ω, per $f = 50$ Hz.
2. Quale potenza ha valore numerico maggiore, quella attiva o quella apparente?

Risposte alle domande di pag. 6

1. Poichè in un filo omogeneo la resistenza è proporzionale alla lunghezza, si può considerare il rapporto delle lunghezze in luogo di quello delle resistenze.
2. Le parti essenziali che compongono l'ohmmetro sono una batteria e un misuratore di tensione tarato direttamente in ohm.

Risposte alle domande di pag. 10

1. Il selettore a rotazione è costituito da lamelle di contatto, che strisciano sopra contatti fissi disposti orizzontalmente. Le lamelle vengono spostate da un contatto all'altro mediante azionamento elettromagnetico. Il quinto contatto richiede per esempio 5 impulsi. Ad ogni impulso viene attratta l'ancoretta dell'elettromagnete, la quale è collegata con un nottolino agente sui denti di un ingranaggio.
2. Gli impulsi sono generati dal disco combinatore. Effettivamente essi sono delle brevi interruzioni della corrente di un circuito di riposo. Sono prodotti dal settore d'impulsi che, ruotando, distacca i due contatti del circuito di riposo tante volte, quante sono quelle indicate dal numero scelto sul disco combinatore.
3. No, le interruzioni del circuito di riposo fanno distaccare l'ancoretta di un relè, chiudendo per mezzo di questa il circuito dell'elettromagnete del selettore.
4. Un normale selettore a rotazione e sollevamento consente di formare 100 collegamenti.
5. Il selettore a rotazione e sollevamento possiede delle file di contatto disposte a forma di cilindro cavo. Ogni fila orizzontale possiede 10 contatti; l'intiero banco di contatti è composto da 10 di queste file, sovrapposte. Un apposito dispositivo elettromagnetico di azionamento serve a sollevare le lamelle striscianti all'altezza di una delle file orizzontali di contatti. Un secondo elettromagnete provoca la rotazione orizzontale delle lamelle striscianti.

TECNICA DELLE MISURE

Collaudo delle valvole

Nelle Dispense precedenti avete già appreso svariate nozioni sulle valvole. Sapete che le qualità ed il funzionamento delle valvole vengono descritti con l'aiuto delle caratteristiche. Vogliamo ora intrattenervi su di un argomento molo importante in pratica: *il collaudo delle valvole.* Un collaudo serve, in linea generale, a stabilire se un determinato oggetto si presta per un determinato scopo o se adempie a determinate condizioni.

Il sistema più semplice e, nello stesso tempo, più efficace per il collaudo di una valvola consiste nel farla funzionare in un apparecchio. Stabilito che un apparecchio radio risponde a tutte le esigenze nei riguardi del volume, della fedeltà e del numero di stazioni che è capace di ricevere, è ovvio che anche le sue valvole devono

essere tutte in ordine. Avendo a disposizione un numero sufficiente di valvole di ricambio, è possibile trovare se un difetto riscontrato sia dovuto ad una valvola o ad un altro organo dell'apparecchio.

Volendo invece *controllare una valvola per mezzo di misure*, si distinguono *due differenti collaudi*.

e) Collaudo preliminare meccanico

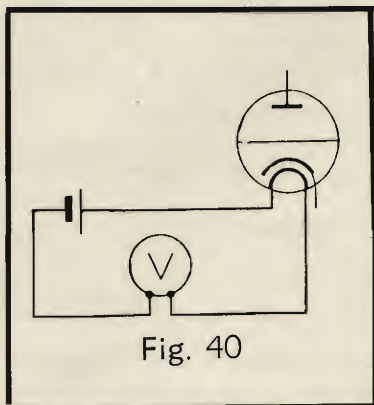



Fig. 40

Dapprima si controlla sempre *se il filamento è in ordine*, poichè si sa che senza accensione non c'è emissione di elettroni e quindi la valvola non può funzionare. Per collaudare il filamento occorre *una sorgente di tensione di alcuni volt* (batteria o trasformatore con avvolgimento per 2 o 4 volt) e *un voltmetro*. Il collegamento viene fatto come si vede nella fig. 40. *Se il voltmetro indica tutta la tensione della pila, il filamento non è sicuramente interrotto*. Naturalmente si può anche controllare la resistenza approssimativa del filamento con un cosiddetto « *verificatore di linea* » o con un piccolo *ponte a filo* e vedere, dal valore misurato, se tutto è in ordine. L'interruzione del filamento è una causa abbastanza frequente del non funzionamento di una valvola.

Una successiva *prova meccanica* è dedicata all'*isolamento dei vari elettrodi* fra loro. A questo scopo si applica successivamente ai vari elettrodi, attraverso un voltmetro, una tensione piuttosto elevata (p. es. 100 V corrente continua).

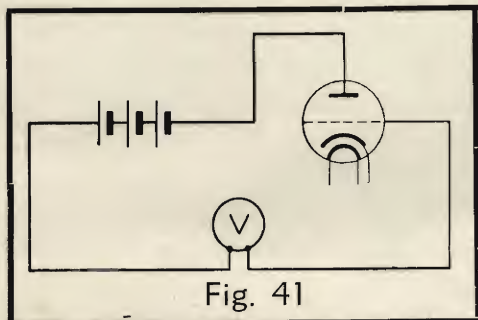



Fig. 41

Se lo strumento, collegato secondo la fig. 41, non dà alcuna indicazione, vuol dire che l'isolamento è sufficiente. A questo modo si prova l'anodo in rapporto alla griglia, l'anodo in rapporto al catodo ed il catodo in rapporto alla griglia. Naturalmente la valvola non deve essere accesa durante queste misure, altrimenti si avrebbe un collegamento dei vari elettrodi attraverso gli elettroni emessi dal catodo. Nel collaudo della resistenza d'isolamento tra catodo e filamento nelle valvole a riscaldamento indiretto, bisogna badare a non applicare una tensione superiore a quella ammessa (generalmente fino a 50 V).

Dopo questo collaudo preliminare viene quello principale.

b) Collaudo elettrico

Qualora il collaudo preliminare non abbia rivelato alcun difetto, si eseguiscono delle *vere e proprie misure della valvola*. Nei collaudi rigorosi si dovrebbe riprendere addirittura un intiero campo di caratteristiche, come è stato descritto nelle Dispense N. 10 e N. 11. Generalmente basta però controllare che, per una data coppia di valori delle tensioni di placca e di griglia, si manifesti la corrente anodica prescritta. Per ogni tipo di valvola sono infatti indicati i valori d'esercizio ed il punto di lavoro. Secondo il catalogo si ha, per esempio per il triodo AC2 menzionato nell'ultima dispensa: V_a = 250 V; V_g = — 5,5 V; I_a = 6 mA.

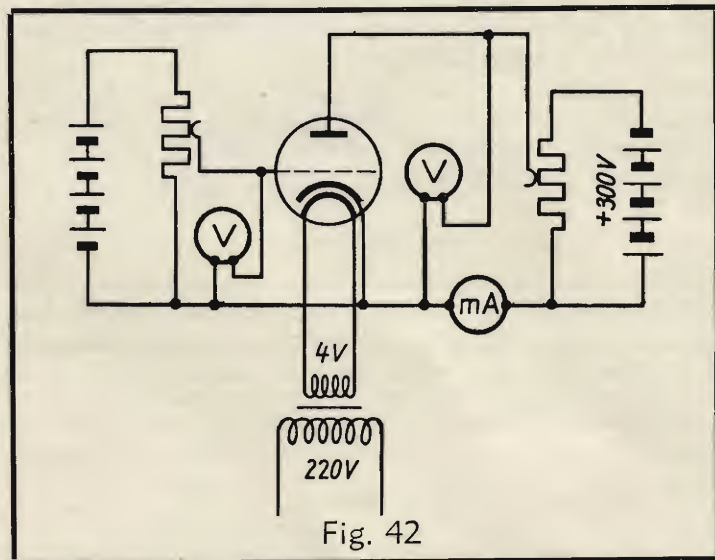



Fig. 42

Si costituisce lo schema della fig. 42 e si controlla se la corrente anodica raggiunge il valore prescritto di 6 mA. Durante la prova, il voltmetro tra anodo e catodo deve indicare 250 V, e quello tra catodo e griglia 5,5 V.

Qualora si ottengano effettivamente 6 mA si dice che la resa della valvola equivale al 100 %; qualora la corrente anodica risulti invece, p. es., di soli 4 mA, si dirà che la resa è uguale al 66,7 %. Si forma, in altre parole, *il quoziente tra la corrente misurata* (p. es., 4 mA) *e quella prescritta* (6 mA), ottenendo in tal modo un criterio per giudicare lo stato della valvola.

L'importanza della misura della corrente anodica risiede nel fatto che essa permette di trarre delle deduzioni sullo stato del catodo. Quando infatti lo strato attivo (vedasi Dispensa N. 12) è parzialmente distrutto, l'emissione del catodo diminuisce.

Gli *apparecchi provavalvole* sono costituiti dalla riunione delle *sorgenti di tensione* occorrenti per l'anodo e per la griglia come pure per l'accensione, nonchè dagli strumenti necessari. Sul pannello frontale sono montati i più diversi tipi di zoccoli; inoltre vi si trovano gli strumenti ed i reostati necessari. Ne riparleremo in seguito.

Ora dunque conoscete i criteri fondamentali che si seguono nel collaudo delle valvole e sapete in qual modo vengano effettuate queste prove dai commercianti di articoli radio.

Domande

1. Che cosa s'intende per collaudo meccanico di una valvola?
2. Da che cosa è costituito un apparecchio provavalvole?

Risposte alle domande di pag. 17

1. Si distinguono antenne ad L e a T.
2. Il filo di rame deve avere almeno mm 2,5 di diametro (si sceglie preferibilmente 3 mm) e una freccia di almeno cm 30.
3. L'antenna orizzontale va tesa in direzione perpendicolare alla linea di corrente del tram.

Risposte alle domande di pag. 19

1. $\text{tg}\,\varphi = \frac{314}{400} = 0{,}785;\ \varphi \approx 38°.$
2. Il valore numerico della potenza apparente è generalmente maggiore, dato che il cos φ raggiunge al massimo il valore 1 (vedasi Tabella N. 8 nella Dispensa N. 11), ed è pertanto generalmente inferiore ad 1. La potenza attiva non è quindi che una parte della potenza apparente.

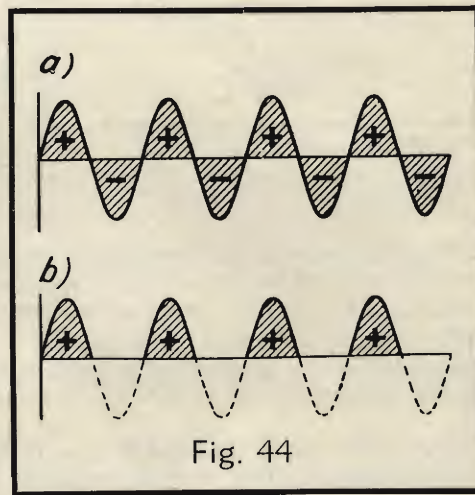
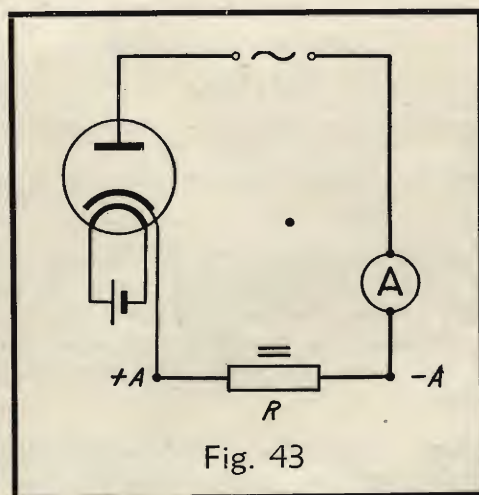
RADIOTECNICA

La valvola termoionica come raddrizzatrice

Finora, tra il catodo e l'anodo, abbiamo sempre applicato delle tensioni continue; da quanto abbiamo detto nella Dispensa N. 9 vi ricorderete che il polo positivo è collegato con l'anodo. Infatti questo stesso anodo positivo serve ad attrarre gli elettroni negativi vaganti attorno al catodo. Se l'anodo fosse collegato col polo negativo della batteria anodica, gli elettroni verrebbero respinti e sarebbe pertanto impossibile qualsiasi corrente anodica.

Prendiamo ora una valvola termoionica senza griglia e applichiamo tra l'anodo ed il catodo una *tensione alternata* (fig. 43). Che cosa avviene? *La valvola lascia passare soltanto quelle semionde della corrente alternata, nelle quali l'anodo è positivo.* Nell'istante in cui sopravviene un impulso negativo, la corrente anodica non può passare. La valvola elimina quindi, dal normale diagramma della corrente alternata (fig. 44-*a*), tutte le semionde negative (figura 44-*b*).

Fig. 43

Fig. 44

Essa lascia dunque passare la corrente *in un solo senso* (di qui il suo nome), funzionando in modo analogo ad una valvola pneumatica. La corrente alternata è trasformata in tal modo in corrente continua. Non si tratta però di una *corrente continua costante*, bensì di una cosiddetta « *corrente continua pulsante* », costituita da una successione di singoli impulsi positivi.

Usando come amperometro (fig. 43) uno strumento a bobina mobile che, come è noto, non è in grado di misurare la corrente alternata, esso indicherà effettivamente, dopo aver introdotto la valvola nel circuito, una corrente continua. Dato che l'equipaggio dello strumento non è in grado di seguire i singoli impulsi di corrente, esso indicherà inoltre un'intensità media.

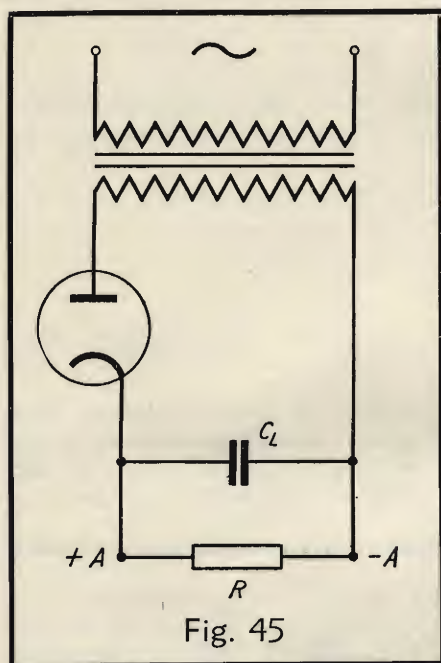
Abbiamo detto più sopra che ai morsetti superiori (v. fig. 43) viene allacciata una tensione alternata, senza specificare di quale tipo possa essere. Dalle Dispense precedenti sapete però che, secondo la loro frequenza, si distinguono differenti correnti alternate.

La normale corrente alternata della rete-luce ha, per esempio, generalmente la frequenza di 42 o 50 Hz. Appartiene quindi al campo della *bassa frequenza.* Questa tensione alternata serve anche ad alimentare i nostri apparecchi radio.

Sapete poi che esistono pure le correnti del campo delle *alte frequenze*, per esempio le onde portanti delle stazioni radio. Entrambi i campi di frequenza si possono *raddrizzare* con le valvole termoioniche. Usate *per raddrizzare la tensione di rete*, le valvole si chiamano generalmente « *raddrizzatrici* »; quando raddrizzano *le onde portanti ad alta frequenza*, si chiamano « *diodi* ».

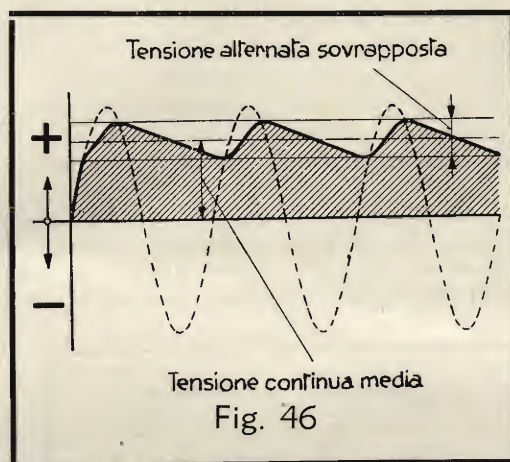
IL RADDRIZZAMENTO DELLA TENSIONE DI RETE

1) Il raddrizzamento a una via

Come risulta dalla fig. 43, in questo circuito, dotato di una sola raddrizzatrice semplice, il flusso della corrente è possibile soltanto in un senso. Si può sfruttare così la sola metà positiva della corrente alternata. Si parla in tal caso di « *raddrizzamento a una sola via* ».

La corrente continua generata col dispositivo della fig. 43 non può però servire per alimentare un ricevitore o un amplificatore. Come vedete dalla fig. 44-*b*, si presentano delle vere interruzioni di corrente, chiamate « *periodi d'interdizione* ». Per eliminare queste interruzioni, in parallelo al consumatore, si inserisce un *condensatore di livellamento*.

Nello schema della fig. 45 è riportato questo *condensatore di livellamento* C_L.

Fig. 45

Fig. 46

La tensione di rete è qui applicata al primario di un trasformatore. La valvola raddrizzatrice, inserita nel secondario, risulta in tal modo separata dalla rete: inoltre la tensione è trasformata al valore occorrente.

Noterete poi che manca l'accensione del catodo; abbiamo tralasciato a bella posta di disegnarla per semplificare lo schema. Se in futuro troverete indicato negli schemi soltanto lo *strato attivo* del catodo, dovrete comunque immaginarvi il filamento ed il relativo circuito d'accensione, che naturalmente esistono, anche se non disegnati.

Il condensatore di livellamento C_L viene caricato dagli impulsi di corrente. Il consumatore R impedisce al condensatore di caricarsi fino al valore di punta della tensione alternata. Se non ci fosse la resistenza R, il condensatore sarebbe naturalmente sottoposto ad una tensione continua, equivalente a questo valore massimo della tensione alternata. Così invece il condensatore si scarica lentamente, attraverso al consumatore, negli intervalli in cui attraverso la valvola non passa corrente. Una certa tensione continua risulta in tal modo costantemente applicata ai capi del consumatore R (fig. 46).

Come vedete nella suddetta figura, la tensione continua non ricade ora più a zero, ma segue l'andamento della curva a tratto grosso. Gli intervalli di interdizione sono pertanto superati, grazie al condensatore, ottenendo così un valore medio della tensione continua più favorevole.

Il livellamento è tanto migliore, quanto maggiore è la capacità del condensatore C_L (generalmente si usano da 10 a 30 μF), e minore il consumo di corrente della resistenza R.

Osservando la curva della fig. 46 avrete certamente pensato alla sovrapposizione di tensione continua e di tensione alternata, che abbiamo conosciuto nella fig. 43 della Dispensa N. 11. La curva della fig. 46 denota effettivamente una specie di tensione continua con sovrapposizione di tensione alternata. Questa tensione alternata residua ha un effetto disturbatore negli apparecchi radioriceventi: provoca un fastidioso ronzio. Per questa ragione viene chiamata « *tensione di ronzio* ». Spiegheremo in seguito gli accorgimenti in uso per eliminare questa fastidiosa tensione di ronzio. Prima vogliamo però esaminare un'altra possibilità, che consente di migliorare il raddrizzamento della tensione alternata di rete.

2) Il raddrizzamento a due vie

Nel *raddrizzamento a una sola via* si sfruttano soltanto gli impulsi positivi di corrente. Ora vogliamo invece far lavorare anche le semionde negative della tensione alternata. A questo scopo è necessaria una seconda via,

come è indicato nello schema della fig. 47. Per poter usufruire di entrambe le vie, occorre un trasformatore dotato di *due avvolgimenti secondari* I e II. Le estremità di questi avvolgimenti sono riunite nel punto *b* e collegate ad un capo del consumatore *R*. L'inizio *a* dell'avvolgimento *I* e la fine *c* dell'avvolgimento *II* sono allacciati agli anodi di due valvole. I catodi di queste valvole posseggono, naturalmente, la medesima polarità e si possono pertanto collegare assieme. I catodi sono quindi allacciati in parallelo, mentre gli anodi si trovano alle estremità opposte del secondario del trasformatore. Vediamo un po' in che modo agisce il nostro trasformatore con presa intermedia, il quale consente di raddrizzare entrambe le semionde. Supponiamo che, in un dato istante, la tensione alternata abbia una direzione tale, per cui il punto *a* risulti positivo rispetto a *b*.

Una corrente circola allora da *a* attraverso la valvola di sinistra e la resistenza *R*, giungendo al punto *b*. Nel medesimo istante *b* è positivo rispetto a *c*, ossia *c* è negativo rispetto a *b*; di conseguenza la valvola di destra si trova interdetta. In questa semionda si utilizza quindi la prima via. Nella semionda successiva le polarità

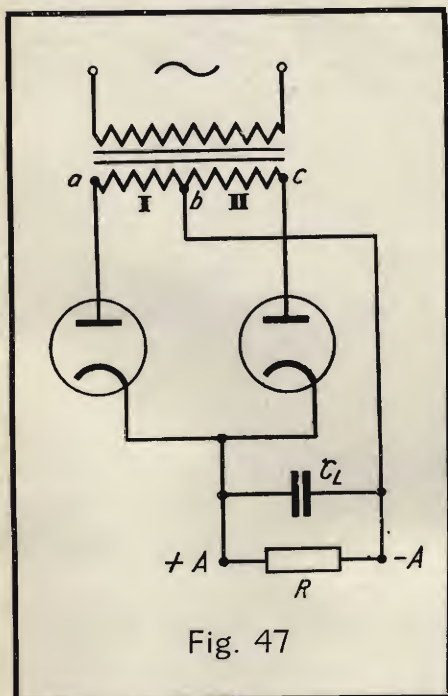



Fig. 47

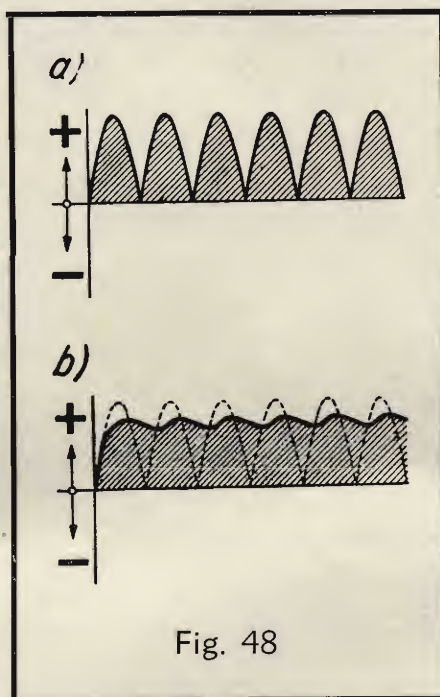



Fig. 48

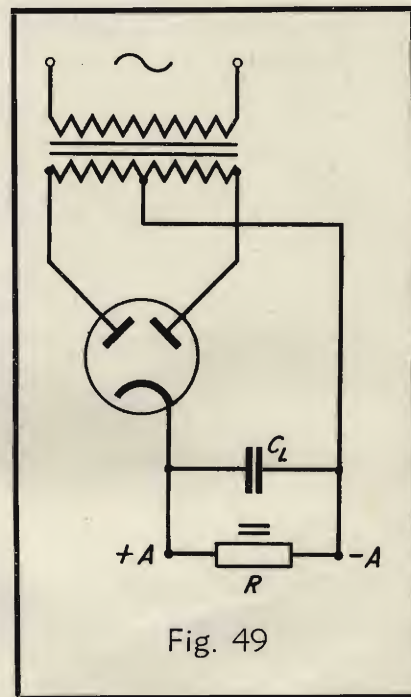



Fig. 49

delle prese del trasformatore sono invertite e pertanto la corrente circola per la seconda via, ossia da *c* attraverso la valvola di destra e la resistenza *R*, giungendo sempre al punto *b*. Risulta così che gli intervalli d'interdizione di una valvola sono colmati con gli impulsi positivi dell'altra valvola. Si ottiene in tal modo l'andamento della corrente riportato nella fig. 48-a. Anche in questo caso il condensatore di livellamento elimina le punte aguzze nelle quali la corrente ricade a zero (fig. 48-*b*).

Osservando attentamente la fig. 47, vi verrà forse spontanea l'idea che le due valvole si possono riunire in una sola, così come è mostrato nella fig. 49. Abbiamo in tal modo la *valvola raddrizzatrice doppia*, detta anche « *doppio diodo* ».

Le valvole raddrizzatrici d'alimentazione differiscono da quelle d'alta frequenza soprattutto per la maggior potenza erogata. Esse funzionano con tensioni comprese tra 200 e 800 V e correnti tra 25 e 300 mA. Ne consegue che il catodo di queste valvole deve avere un'emissione particolarmente spinta; la raddrizzatrice è sempre la valvola più calda di un apparecchio radio, dovendo erogare la corrente anodica di tutte le altre valvole.

Con la raddrizzatrice abbiamo conosciuto un'altra parte importantissima dei radioricevitori. Ci siamo così avvicinati ulteriormente alla nostra meta, che è quella di poter *leggere* lo schema, a prima vista tanto complicato, dei radioricevitori.

Risposte alle domande di pag. 21

1. Il collaudo meccanico consiste nel verificare se il filamento non è interrotto e se gli elettrodi sono isolati tra loro.

2. Il provavalvole contiene le sorgenti di tensione e gli strumenti occorrenti per le misure sulle valvole, nonchè gli zoccoli dei vari tipi.

COMPITI

1. Calcolate l'amplificazione della valvola AC2 (caratteristica I_a — V_a della fig. 1) con una resistenza anodica R_a = 15 kΩ, una tensione di batteria V_B = 200 V e una polarizzazione di griglia V_g = — 3 V. L'ampiezza della tensione alternata di griglia sia uguale a 1 V.

2. Per quale ragione una resistenza anodica molto elevata non è favorevole per ottenere una forte potenza di corrente alternata nel circuito anodico?

3. Supponete di avere delle apparecchiature collegate secondo la fig. 4, ma di non conoscere la resistenza interna R_i del voltmetro. Al posto della resistenza incognita R_x, allacciate una resistenza nota di 30 kΩ. Per le due misure si ottiene V = 80 volt e v = 50 volt. Calcolate la resistenza interna R_i del voltmetro.

4. A che serve il disco combinatore nella telefonia automatica?

5. Quante rotazioni complete compie il settore d'impulsi del dispositivo combinatore, in un semplice impianto telefonico come quello rappresentato schematicamente nella fig. 17, quando si chiama la stazione 48?

6. Una bobina d'impedenza possiede un'induttanza di 0,5 H e una resistenza di 100 Ω. Qual è il valore della sua impedenza:

   a) alla frequenza di 50 Hz (determinarla graficamente)?

   b) alla frequenza di 150 Hz (determinarla col calcolo)?

   c) quale intensità di corrente circola nella suddetta bobina, qualora venga allacciata alla rete di 220 V, 50 Hz?

   d) qual è lo sfasamento che si ottiene in quest'ultimo caso, tra la corrente e la tensione?

7. Che cos'è un cavo schermato?

   Descrivete i vantaggi e gli svantaggi della discesa d'antenna schermata.

8. Per quale ragione l'antenna esterna è migliore di quella interna?

9. In quali casi si impiega l'antenna verticale?

10. Perchè le scintille elettriche disturbano la radioricezione?

11. Un complesso di resistenze e reattanze è allacciato alla tensione di 220 V. La corrente assorbita ammonta a 0,8 A e presenta uno sfasamento di 25° rispetto alla tensione. Che valore hanno la potenza attiva e la potenza apparente? Qual è l'impedenza del complesso?

12. A che serve il condensatore di livellamento nei dispositivi raddrizzatori?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 13

Formula

TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 13

Tabella

DISPENSA N°. **15**

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 15

CORSO DI TECNICA DELLE TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | Dispensa N. 15

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Prima di passare ai nuovi argomenti, di cui ci occuperemo nelle prossime pagine, vogliamo tornare brevemente col pensiero alla materia svolta nella Dispensa precedente. Questa piccola ripetizione servirà per capire se disponiamo dei fondamenti necessari per procedere nello studio, ossia se siamo maturi per apprendere nuove cognizioni.

All'inizio della Dispensa N. 14 ci siamo occupati ancora una volta del più importante organo degli apparecchi radio, il *tubo elettronico*, cui proprio negli ultimi anni vengono affidate sempre nuove e più strabilianti funzioni. Trasportando la *retta della resistenza* dal campo diagrammale I_a — V_a a quello I_a — V_g, abbiamo trovato la *caratteristica dinamica*. Da questa abbiamo potuto ricavare la *pendenza dinamica*, che nei triodi è sempre minore della *pendenza statica*. Conoscendo la pendenza dinamica, l'amplificazione della valvola si calcola con facilità in base alla formula $a = -S_D \cdot R_a$.

In seguito abbiamo esaminato la possibilità di introdurre nella valvola una seconda griglia, oltre quella pilota. Questa *griglia schermo* assume il compito dell'accelerazione degli elettroni. La griglia ausiliaria unica presenta però l'inconveniente di attrarre gli elettroni secondari; per ovviare a ciò, si è costretti ad introdurre una terza griglia, la *griglia freno*. Ecco trovato così il *pentodo*, per il quale la famiglia di caratteristiche I_a — V_g dimostra che, praticamente, nel tratto rettilineo delle caratteristiche, la pendenza dinamica coincide con quella statica. In questo tratto di massima importanza per l'esercizio, la corrente anodica è indipendente dalla tensione anodica e quindi dalla resistenza anodica. L'introduzione delle griglie supplementari consente quindi un aumento notevole dell'amplificazione.

Frammezzo a queste considerazioni sulle valvole ci siamo occupati anche, negli « Impianti di segnalazione », degli orologi elettrici. Essi sono costituiti essenzialmente da un *orologio principale*, il quale comanda, mediante impulsi di corrente, vari *orologi secondari*. Una speciale *ruota di segnalazione*, comandata anch'essa dall'orologio principale, consente la trasmissione di segnali alle ore prestabilite.

Nella « Telefonia » ci siamo inoltrati nel campo della selezione automatica, considerando il *sistema Siemens*, nel quale *preselettori*, *selettori di linea* e *selettori di gruppo* costituiscono gli elementi che consentono la formazione delle grandi centrali automatiche. Tra quanto avete appreso in questo Capitolo, lo schema del semplice apparecchio d'utente, dotato di attenuazione d'auto-ascolto, vi sarà certamente tuttora impresso nella memoria.

Sono state infine completate le vostre cognizioni sulle *antenne*, con la descrizione delle *antenne a telaio*, di quelle *per automobile* e di quelle *collettive*. Ci siamo rivolti anche a problemi della *protezione antifulmine*, indispensabile in tutte le antenne esterne per consentire lo sfogo innocuo dell'elettricità atmosferica. Avete appreso la ragion d'essere degli *scaricatori fini* e *grossolani* e siete ora in grado di applicare una protezione adatta anche nel caso di linee schermate. La Dispensa terminava col Capitolo sulla *messa a terra*, nel quale si distingue la *terra d'esercizio* dalla *terra di protezione antifulmine*.

RADIOTECNICA

Le bande laterali delle onde radio

Ogni stazione radio emette un'onda di *lunghezza* e quindi anche di *frequenza* ben determinata. Dalla Dispensa N.° 4 sapete che tra le singole emittenti è prescritto un intervallo di frequenza di 9000 hertz ossia 9 kHz. Perchè? Come sapete, l'onda portante ad alta frequenza viene caricata di vibrazioni sonore ridotte in forma elettrica. Ricordiamoci, a questo proposito, che i suoni gravi hanno una frequenza bassa. Quando, p. es., all'onda portante 800 000 hertz si sovrappone un suono della frequenza 1000; ossia, in linguaggio tecnico, quando si *modula* l'onda di 800 kHz *in ampiezza* con la frequenza acustica di 1000 Hz, si ottiene una combinazione delle due frequenze. La modulazione consiste nel modificare l'ampiezza delle oscillazioni di 800 kHz nel ritmo di un'oscillazione di 1 kHz. Nell'onda modulata si ottengono allora le frequenze 800 — 1 = 799 kHz; 800 kHz; 800 + 1 = 801 kHz.

Fig. 1